



**PATENT APPLICATION**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

#4

Yoshitaka SASAKI

Application No.: 09/888,504

Filed: June 26, 2001

Docket No.: 109764

For: THIN FILM MAGNETIC HEAD AND THE MANUFACTURING METHOD

**CLAIM FOR PRIORITY**

Director of the U.S. Patent and Trademark Office  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2000-195125, filed June 28, 2000

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

  x   is filed herewith.

           was filed on            in Parent Application No.            filed           .

           will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff  
Registration No. 27,075

John S. Kern  
Registration No. 42,719

JAO:JSK/cln

Date: October 19, 2001

**OLIFF & BERRIDGE, PLC**  
**P.O. Box 19928**  
**Alexandria, Virginia 22320**  
**Telephone: (703) 836-6400**

**DEPOSIT ACCOUNT USE  
AUTHORIZATION**

Please grant any extension  
necessary for entry;

Charge any fee due to our  
Deposit Account No. 15-0461



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 6月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-195125

出 願 人

Applicant(s):

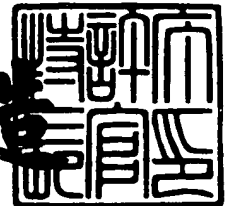
ティーディーケイ株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 6月 4日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3052498

【書類名】 特許願

【整理番号】 TD01700

【提出日】 平成12年 6月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/31

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 佐々木 芳高

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代表者】 澤部 肇

【代理人】

【識別番号】 100109656

【弁理士】

【氏名又は名称】 三反崎 泰司

【代理人】

【識別番号】 100098785

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019482

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する 2 つの磁極を含む、互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第 1 の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドであって、

前記所定の磁性層部分は、前記ギャップ層に対して遠い側から順に配設された第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜を含み、

前記第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜は、共に 1. 5 テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料よりなる

ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 前記第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜のうちの少なくとも一方は、ニッケル鉄合金または窒化鉄のいずれかを含む材料よりなる

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 前記第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜のうちの少なくとも一方は、アモルファス合金を含む材料よりなる

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記アモルファス合金は、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム鉄窒化物合金のいずれかである

ことを特徴とする請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜のうちの少なくとも一方は、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料よりなる

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記第 1 の磁性膜は、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料よりなり、

前記第 2 の磁性膜は、ニッケル鉄合金またはコバルト鉄合金のいずれかを含む材料よりなる

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 前記第 1 の磁性膜と前記第 2 の磁性膜との界面は平坦であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】 前記第 2 の磁性層と前記第 2 の磁性膜との間に、後方部が前記絶縁層と連結し前端が前記記録媒体対向面の手前の所定の位置で終端するように延在する第 1 の非磁性層パターンが配設されている。

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】 前記第 1 の非磁性層パターンは、非磁性金属よりなることを特徴とする請求項 8 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 さらに、

前記第 1 の非磁性層パターンと前記第 2 の磁性膜との間に、後方部が前記絶縁層と連結し前端が前記第 1 の非磁性層パターンの前端よりも後方の位置で終端するように延在する第 2 の非磁性層パターンが配設されている

ことを特徴とする請求項 8 または請求項 9 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 11】 前記第 2 の磁性層は、平坦な表面を有し、

前記第 1 の非磁性層パターンの前端近傍および前記第 2 の非磁性層パターンの前端近傍は、前記第 2 の磁性層の平坦な表面に対して傾斜している

ことを特徴とする請求項 10 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 12】 前記第 1 の非磁性層パターンの前端は、前記所定の磁性層部分における一定幅部分の延在領域内に位置する

ことを特徴とする請求項 8 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 13】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する 2 つの磁極を含む、互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に絶縁層を介し

て配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第 1 の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記所定の磁性層部分を形成する工程は、

磁性材層を形成する工程と、

この磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第 1 の磁性膜を選択的に形成する工程と、

この第 1 の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッチングすることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第 2 の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程と

を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 4】 前記第 1 の磁性膜および前記第 2 の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料として、ニッケル鉄合金または窒化鉄のいずれかを含む材料を用いる

ことを特徴とする請求項 1 3 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 5】 前記第 1 の磁性膜および前記第 2 の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料として、アモルファス合金を含む材料を用いる

ことを特徴とする請求項 1 3 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 6】 前記アモルファス合金として、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム鉄窒化物合金のいずれかを用いる

ことを特徴とする請求項 1 5 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 7】 前記第 1 の磁性膜および前記第 2 の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料として、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料を用いる

ことを特徴とする請求項 1 3 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 8】 前記磁性材層の形成材料としてニッケル鉄合金またはコバルト鉄合金のいずれかを含む材料を用い、

前記第 1 の磁性膜の形成材料として鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料を用いる

ことを特徴とする請求項 1 3 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 9】 前記磁性材層をスパッタリングにより形成し、  
前記第 1 の磁性膜をめっき膜の成長により形成する

ことを特徴とする請求項 1 3 ないし請求項 1 8 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 0】 前記エッチング工程を反応性イオンエッチングにより行う  
ことを特徴とする請求項 1 3 ないし請求項 1 9 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 1】 塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも 1 を含むガス  
雰囲気中において前記エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項 1 3 ないし請求項 2 0 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 2】 5 0 ° C ないし 3 0 0 ° C の範囲内の温度下において前記  
エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項 1 3 ないし請求項 2 1 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 3】 前記エッチング工程において、さらに、  
前記ギャップ層および前記第 2 の磁性層のうち、前記所定の磁性層部分における一定幅部分の形成領域以外の領域を選択的に除去する

ことを特徴とする請求項 1 3 ないし請求項 2 2 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 4】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する 2 つの磁極を含む、互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第 1 の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記所定の磁性層部分を形成する工程は、

前記第 2 の磁性層上に第 1 の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、  
 前記第 1 の非磁性層パターンおよびその周辺の前記第 2 の磁性層を覆うように  
 前記ギャップ層を形成する工程と、  
 前記ギャップ層上に磁性材層を形成する工程と、  
 この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、  
 この平坦化された磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第 1 の磁性  
 膜を選択的に形成する工程と、  
 この第 1 の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッチングす  
 ることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第 2 の磁性膜を選択的に  
 形成するエッチング工程と  
 を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 5】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ  
 層を介して対向する 2 つの磁極を含む、互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層  
 および第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に絶縁層を介し  
 て配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第 1 の磁性層が、前記記録媒  
 体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅  
 を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方  
 法であって、

前記所定の磁性層部分を形成する工程は、  
 前記第 2 の磁性層上に前記ギャップ層を形成する工程と、  
 前記ギャップ層上に第 1 の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、  
 前記第 1 の非磁性層パターンおよびその周辺の前記ギャップ層を覆うように磁  
 性材層を選択的に形成する工程と、  
 この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、  
 この平坦化された磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第 1 の磁性  
 膜を形成する工程と、  
 この第 1 の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッチングす  
 ることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第 2 の磁性膜を選択的に  
 形成するエッチング工程と



を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 6】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する 2 つの磁極を含む、互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第 1 の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記所定の磁性層部分を形成する工程は、

前記第 2 の磁性層上に第 1 の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、

前記第 1 の非磁性層パターンおよびその周辺の前記第 2 の磁性層を覆うように前記ギャップ層を形成する工程と、

前記ギャップ層のうち、前記第 1 の非磁性層パターンの配設領域に対応する領域上に第 2 の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、

前記第 2 の非磁性層パターンおよびその周辺の前記ギャップ層を覆うように磁性材層を形成する工程と、

この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、

この平坦化された磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第 1 の磁性膜を選択的に形成する工程と、

この第 1 の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッチングすることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第 2 の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程と

を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、少なくとも書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

## 【従来の技術】

近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗（以下、MR（Magneto Resistive）と記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

## 【0003】

記録ヘッドの性能のうち、記録密度を高めるには、磁気記録媒体におけるトラック密度を上げる必要がある。このためには、記録ギャップ（write gap）を挟んでその上下に形成された下部磁極（ボトムポール）および上部磁極（トップポール）のエアベアリング面での幅を数ミクロンからサブミクロンオーダーまで狭くした狭トラック構造の記録ヘッドを実現する必要があり、これを達成するために半導体加工技術が利用されている。

## 【0004】

ここで、図29～図34を参照して、従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例として、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。

## 【0005】

この製造方法では、まず、図29に示したように、例えばアルティック（ $Al_2O_3 \cdot TiC$ ）よりなる基板101上に、例えば酸化アルミニウム（ $Al_2O_3$ ；以下、単に「アルミナ」という。）よりなる絶縁層102を、約5.0～10.0 $\mu m$ 程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層102上に、再生ヘッド用の下部シールド層103を形成する。次に、下部シールド層103上に、例えばアルミナ層を100～200nmの厚みでスパッタ堆積し、シールドギャップ膜104を形成する。次に、シールドギャップ膜104上に、高精度のフォトリソグラフィ処理により所望のパターンとなるように、再生用のMR素子を構成するためのMR膜105を数十nmの厚みで形成する。次に、MR膜105の両側に、このMR膜105と電氣的に接続する引き出し電極層としてのリード層（図示せず）を形成したのち、このリード層、シールドギャップ膜104およびMR膜105上に、シールドギャップ膜106を形成し、シールドギャップ膜104、10

6 内に M R 膜 1 0 5 を埋設する。次に、シールドギャップ膜 1 0 6 上に、再生ヘッドおよび記録ヘッドの双方に用いる磁性材料、例えばニッケル鉄合金 (N i F e ; 以下、単に「パーマロイ (商品名)」という。) よりなる上部シールド兼下部磁極 (以下、単に「下部磁極」という。) 1 0 7 を形成する。

#### 【 0 0 0 6 】

次に、図 3 0 に示したように、下部磁極 1 0 7 上に、絶縁材料、例えばアルミナよりなる記録ギャップ層 1 0 8 を形成する。次に、記録ギャップ層 1 0 8 上に、高精度のフォトリソグラフィ処理により、フォトレジスト膜 1 0 9 を所定のパターンとなるように形成する。次に、フォトレジスト膜 1 0 9 上に、電解めっき法により、例えば銅 (C u) よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル 1 1 0 を形成する。次に、フォトレジスト膜 1 0 9 および薄膜コイル 1 1 0 を覆うように、高精度のフォトリソグラフィによりフォトレジストを所定のパターンとなるように形成したのち、このフォトレジストに対して例えば 2 5 0 ° C の温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、薄膜コイル 1 1 0 の各巻線間を絶縁させるためのフォトレジスト膜 1 1 1 が形成される。

#### 【 0 0 0 7 】

次に、図 3 1 に示したように、磁路形成のために、薄膜コイル 1 1 0 よりも後方 (図 3 1 における右側) における記録ギャップ層 1 0 8 の一部を部分的にエッチングして開口部 1 0 8 a を形成し、下部磁極 1 0 7 の一部を露出させる。次に、下部磁極 1 0 7 の露出面、フォトレジスト膜 1 1 1 および記録ギャップ層 1 0 8 を覆うように、電解めっき法により、記録ヘッド用の磁性材料、例えばパーマロイよりなる上部ヨーク兼上部磁極 (以下、単に「上部磁極」という。) 1 1 2 を形成する。この上部磁極 1 1 2 は、例えば、後述する図 3 4 に示したような平面形状を有するものであり、ヨーク部 1 1 2 a およびポールチップ部 1 1 2 b を含んでいる。上部磁極 1 1 2 は、開口部 1 0 8 a において下部磁極 1 0 7 と接触し、磁氣的に連結されている。次に、上部磁極 1 1 2 のポールチップ部 1 1 2 b をマスクとして、その周辺領域における記録ギャップ層 1 0 8 および下部磁極 1 0 7 のそれぞれの一部をイオンミリングによって選択的に約 0 . 5  $\mu$  m 程度エッチングして除去する (図 3 3 参照)。次に、上部磁極 1 1 2 を覆うように、例え

ばアルミナよりなるオーバーコート層 1 1 3 を形成する。最後に、機械加工や研磨工程により、記録ヘッドおよび再生ヘッドのトラック面、すなわちエアベアリング面 1 2 0 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

#### 【 0 0 0 8 】

図 3 2 ～図 3 4 は、完成した状態の薄膜磁気ヘッドの構造を表すものである。ここで、図 3 2 はエアベアリング面 1 2 0 に垂直な方向における薄膜磁気ヘッドの断面を示し、図 3 3 はエアベアリング面 1 2 0 に平行な方向における磁極部分 5 0 0 の断面を拡大して示し、図 3 4 は薄膜磁気ヘッドの平面構造を示す。図 3 1 は、図 3 4 におけるXXXI-XXXI線に沿った矢視断面に相当する。なお、図 3 2 ～図 3 4 では、オーバーコート層 1 1 3 等の図示を省略している。図 3 4 では、薄膜コイル 1 1 0 およびフォトレジスト膜 1 1 1 のそれぞれの最外端のみを図示している。

#### 【 0 0 0 9 】

図 3 2 および図 3 4 において、「TH」はスロートハイト (Throat Height) を表し、「MRH」はMRハイトを表している。ここで、「スロートハイト (TH)」とは、記録ヘッドの性能を決定する要因の一つであり、薄膜コイル 1 1 0 を他の導電部分と電氣的に分離するための絶縁層 (フォトレジスト膜 1 1 1) の最もエアベアリング面 1 2 0 に近い側の端縁の位置、すなわちスロートハイトゼロ位置 (TH0 位置) からエアベアリング面 1 2 0 の位置までの長さである。記録ヘッドの性能向上のためには、スロートハイト (TH) の最適化が望まれている。このスロートハイト (TH) は、エアベアリング面 1 2 0 を形成する際の研磨量によって制御される。一方、「MRハイト (MRH)」とは、MR膜 1 0 5 の最もエアベアリング面 1 2 0 から遠い側の端縁の位置、すなわちMRハイトゼロ位置 (MRH0 位置) からエアベアリング面 1 2 0 の位置までの長さである。このMRハイト (MRH) もまた、エアベアリング面 1 2 0 を形成する際の研磨量によって制御される。

#### 【 0 0 1 0 】

薄膜磁気ヘッドの性能を決定する要因としては、スロートハイト (TH) やMRハイト (MRH) 等の他に、図 3 2 に示したエイペックスアングル (Apex Ang

le:  $\theta$ ) がある。このエイベックスアングル  $\theta$  は、フォトレジスト膜 1 1 1 のエアベアリング面 1 2 0 に近い側の斜面の平均斜度である。

#### 【0 0 1 1】

図 3 3 に示したように、記録ギャップ層 1 0 8 および下部磁極 1 0 7 のそれぞれの一部が上部磁極 1 1 2 のポールチップ部 1 1 2 b に対して自己整合的にエッチングされた構造は、トリム (Trim) 構造と呼ばれる。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止することができる。「P 2 W」は、トリム構造を有する部分（以下、単に「磁極部分 5 0 0」という。）の幅、すなわち磁極幅（または「トラック幅」）を表している。「P 2 L」は、磁極部分 5 0 0 の一部を構成するポールチップ部 1 1 2 b の厚み、すなわち磁極長を表している。なお、MR 膜 1 0 5 の両側には、この MR 膜 1 0 5 と電氣的に接続する引き出し電極層としてのリード層 1 2 1 が設けられている。ただし、図 2 9 ～ 図 3 2 では、リード層 1 2 1 の図示を省略している。

#### 【0 0 1 2】

図 3 4 に示したように、上部磁極 1 1 2 は、その大部分を占めるヨーク部 1 1 2 a と、磁極幅 P 2 W としてほぼ一定の幅を有するポールチップ部 1 1 2 b とを有している。ヨーク部 1 1 2 a とポールチップ部 1 1 2 b との連結部分において、ヨーク部 1 1 2 a の外縁は、エアベアリング面 1 2 0 と平行な面に対して角度  $\alpha$  をなしている。また、上記連結部分において、ポールチップ部 1 1 2 b の外縁は、エアベアリング面 1 2 0 と平行な面に対して角度  $\beta$  をなしている。図 3 4 では、例えば、 $\alpha$  が約 4 5 度であり、 $\beta$  が約 9 0 度である場合を示している。上記したように、ポールチップ部 1 1 2 b は、トリム構造を有する磁極部分 5 0 0 を形成する際にマスクとして機能する部分である。図 3 2 および図 3 4 から判るように、ポールチップ部 1 1 2 b は平坦な記録ギャップ層 1 0 8 の上に延在し、ヨーク部 1 1 2 a はフォトレジスト膜 1 1 1 で覆われて丘陵状に盛り上がったコイル部分（以下、「エイベックス部」という。）の上に延在している。

#### 【0 0 1 3】

なお、上部磁極の詳細な構造的特徴に関しては、例えば、特開平 8 - 2 4 9 6

1 4 号公報に記載がある。この公報では、T H 0 位置よりも後側（エアベアリング面 1 2 0 から離れる側）の部分の幅が徐々に大きくなるような構造を有する上部磁極について記載している。

【 0 0 1 4 】

図 3 1 および図 3 4 に示した薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時に薄膜コイル 1 1 0 に電流が流れると、これに応じて磁束が発生する。このとき発生した磁束は、上部磁極 1 1 2 内をヨーク部 1 1 2 a からポールチップ部 1 1 2 b へ伝搬し、さらにポールチップ部 1 1 2 b のエアベアリング面 1 2 0 側の先端部分に到達する。このとき、ポールチップ部 1 1 2 b の先端部分に到達した磁束により、記録ギャップ層 1 0 8 近傍の外部に記録用の信号磁界が発生する。この信号磁界により、磁気記録媒体を部分的に磁化して、情報を記録することができる。

【 0 0 1 5 】

【発明が解決しようとする課題】

磁極部分 5 0 0 の磁極幅 P 2 W は、磁気記録媒体上の記録トラック幅を規定するものである。記録密度を高めるためには、磁極部分 5 0 0 を高い精度で形成し、磁極幅 P 2 W を微小化する必要がある。磁極幅 P 2 W が大きすぎる場合には、磁気記録媒体上の所定の記録トラック領域以外の隣接領域にも書き込みしてしまう現象、すなわちサイドイレース現象が発生してしまい、記録密度を向上させることができないからである。特に、近年、高面密度記録を可能とするため、すなわち、狭トラック構造の記録ヘッドを形成するために、約 0. 3  $\mu$  m 以下に至る磁極幅 P 2 W の極微小化が要求されており、磁極幅 P 2 W の極微小化に係る製造技術の確立は急務である。

【 0 0 1 6 】

上部磁極を形成する方法としては、例えば、特開平 7 - 2 6 2 5 1 9 号公報に示されるように、フレイムめっき法が用いられる。フレイムめっき法を用いて上部磁極 1 1 2 を形成する場合には、まず、エイペックス部を含む下地上に、全体に、例えばスパッタリングにより、例えばパーマロイよりなる薄い電極膜を形成する。次に、電極膜上にフォトレジストを塗布してフォトレジスト膜を形成したのち、このフォトレジストも膜に対してフォトリソグラフィ処理を施してパター

ニングすることにより、めっき処理を行うためのフレームパターン（外枠）を形成する。このフレームパターンは、上部磁極 1 1 2 の平面形状に対応する開口パターンを有するものである。次に、このフレームパターンをマスクとして用いると共に先工程において形成した電極膜をシード層として用いて、電解めっき法により、フレームパターンの開口パターン中に、例えばパーマロイよりなる上部磁極 1 1 2 を形成する。

## 【 0 0 1 7 】

ところで、エイベックス部と他の部分とでは、例えば  $7 \sim 10 \mu\text{m}$  以上の高低差がある。このエイベックス部上に、フォトレジストを  $3 \sim 4 \mu\text{m}$  の厚みで塗布する。エイベックス部上のフォトレジストの膜厚が最低  $3 \mu\text{m}$  以上必要であるとすると、流動性のあるフォトレジストは低い方に集まることから、エイベックス部の下方では、例えば  $8 \sim 10 \mu\text{m}$  以上の厚みのフォトレジスト膜が形成される。

## 【 0 0 1 8 】

極微小な磁極幅 P 2 W を実現するためには、この磁極幅 P 2 W に対応して極微小な幅（例えば  $1.0 \mu\text{m}$  以下）を有する開口パターンを備えたフレームパターンを形成する必要がある。すなわち、 $8 \sim 10 \mu\text{m}$  以上の厚みのあるフォトレジスト膜により、 $1.0 \mu\text{m}$  以下の極微小な幅を有する開口パターンを形成しなければならない。ところが、このような膜厚の厚いフォトレジスト膜を用いて、極微小な幅を有する開口パターンを備えたフレームパターンを形成することは、製造工程上極めて困難であった。

## 【 0 0 1 9 】

しかも、エイベックス部等により構成された凹凸構造を有する領域に上部磁極 1 1 2 を形成する場合には、以下のような理由により、上部磁極 1 1 2 の形成精度は大きく低下してしまうという問題があった。すなわち、上部磁極 1 1 2 を形成するためのフレームパターンの形成工程において、凹凸構造を有する領域に形成されたフォトレジスト膜に対して露光処理を施した場合には、下地（電極膜）の斜面部等から斜め方向または横方向へ反射する反射光が生じる。この反射光は、フォトレジスト膜中の露光領域を拡大または縮小させることとなる。これによ

り、特に、フォトレジスト膜のうち、上部磁極 1 1 2 のポールチップ部 1 1 2 b に対応して極微小な幅を有する開口パターンの幅が幅方向に拡大してしまう。

#### 【 0 0 2 0 】

また、上記した上部磁極 1 1 2 の形成精度に関する問題の他、以下のような理由により、薄膜磁気ヘッドの重ね書き特性、すなわちオーバーライト特性が低下してしまうという問題もあった。すなわち、一般に、磁極幅 P 2 W を極微小化すると、磁極部分 5 0 0 を構成するポールチップ部 1 1 2 b の磁気ボリュームは小さくなる。ここで、「磁気ボリューム」とは、磁性層部分の内部に収容できる磁束の許容量である。磁極幅 P 2 W が小さくなり、ポールチップ部 1 1 2 b の「磁気ボリューム」が適正に確保されなくなると、ポールチップ部 1 1 2 b の内部において「磁束の飽和」が生じてしまい、その先端部分まで十分に磁束が到達できなくなる。特に、上部磁極 1 1 2 の形成材料として、1. 2 テスラ程度の磁束密度を有するパーマロイなどの磁性材料を用いた場合には、所望の磁性層パターンの形成に係る加工特性が容易化する反面、磁極幅 P 2 W を極微小化（約 0. 3  $\mu$  m 以下）しようとする、ポールチップ部 1 1 2 の内部において磁束が飽和し、ポールチップ部 1 1 2 b の先端部分に供給される磁束が不足してしまう。

#### 【 0 0 2 1 】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、磁極幅を極微小化しつつ、優れたオーバーライト特性を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

#### 【 0 0 2 2 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する 2 つの磁極を含む互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第 1 の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドであって、所定の磁性層部分が、ギャップ層に対して遠い側から順に配設された第 1 の磁性膜および



第 2 の磁性膜を含み、第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜が共に 1. 5 テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料よりなるようにしたものである。

## 【 0 0 2 3 】

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層に対して遠い側から順に第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜が配設され、これらの部位を含んで所定の磁性層部分が構成される。第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜は、共に 1. 5 テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料により構成されるようにするのが好ましい

## 【 0 0 2 4 】

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜のうちの少なくとも一方がニッケル鉄合金または窒化鉄のいずれかを含む材料よりなるようにしてもよいし、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム鉄窒化物合金などのアモルファス合金を含む材料よりなるようにしてもよいし、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料よりなるようにしてもよい。特に、第 1 の磁性膜が鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料よりなり、第 2 の磁性膜がニッケル鉄合金またはコバルト鉄合金のいずれかを含む材料よりなるようにするのが好適である。

## 【 0 0 2 5 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第 1 の磁性膜と第 2 の磁性膜との界面が平坦であるようにしてもよい。

## 【 0 0 2 6 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第 2 の磁性層と第 2 の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が記録媒体対向面の手前の所定の位置で終端するように延在する第 1 の非磁性層パターンが配設されるようにしてもよい。このような場合には、第 1 の非磁性層パターンが非磁性金属よりなるようにするのが好適である。

## 【 0 0 2 7 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、さらに、第 1 の非磁性層パターンと第 2 の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が第 1 の非磁性層パターンの前端よりも後方の位置で終端するように延在する第 2 の非磁性層パターンが配設さ

れるようにしてもよい。

【 0 0 2 8 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第 2 の磁性層が平坦な表面を有し、第 1 の非磁性層パターンの前端近傍および第 2 の非磁性層パターンの前端近傍が第 2 の磁性層の平坦な表面に対して傾斜するようにしてもよい。

【 0 0 2 9 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第 1 の非磁性層パターンの前端が所定の磁性層部分における一定幅部分の延在領域内に位置するようにしてもよい。

【 0 0 3 0 】

本発明の第 1 の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する 2 つの磁極を含む互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第 1 の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、磁性材層を形成する工程と、この磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第 1 の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第 1 の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第 2 の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程とを含むようにしたものである。

【 0 0 3 1 】

本発明の第 1 の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、磁性材層が形成されたのち、この磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第 1 の磁性膜が選択的に形成される。続いて、この第 1 の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層が選択的にエッチングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第 2 の磁性膜が選択的に形成される。

【 0 0 3 2 】

本発明の第 1 の観点に係る薄膜磁気ヘッドでは、第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料としてニッケル鉄合金または窒化鉄のい

ずれかを含む材料を用いるようにしてもよいし、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム鉄窒化物合金などのアモルファス合金を含む材料を用いるようにしてもよいし、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料を用いるようにしてもよい。特に、第1の磁性膜の形成材料として鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料を用い、第2の磁性膜の形成材料としてニッケル鉄合金またはコバルト鉄合金のいずれかを含む材料を用いるようにするのが好適である。

## 【0033】

また、本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、磁性材層をスパッタリングにより形成し、第1の磁性膜をめっき膜の成長により形成するようにしてもよい。

## 【0034】

また、本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、エッチング工程を反応性イオンエッチングにより行うようにしてもよい。このような場合には、塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも1を含むガス雰囲気中、かつ50°Cないし300°Cの範囲内の温度下においてエッチング工程を行うようにするのが好適である。

## 【0035】

また、本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、エッチング工程において、さらに、ギャップ層および第2の磁性層のうち、所定の磁性層部分における一定幅部分の形成領域以外の領域を選択的に除去するようにしてもよい。

## 【0036】

本発明の第2の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁氣的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁

気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、第2の磁性層を形成する工程と、第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層を形成する工程と、ギャップ層上に磁性材層を形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程とを含むようにしたものである。

## 【 0 0 3 7 】

本発明の第2の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、第2の磁性層が形成されたのち、この第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンが選択的に形成される。続いて、この第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層が形成されたのち、このギャップ層上に磁性材層が形成される。続いて、この磁性材層の表面が研磨されて平坦化されたのち、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜が選択的に形成される。続いて、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層が選択的にエッチングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜が選択的に形成される。

## 【 0 0 3 8 】

本発明の第3の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁氣的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、第2の磁性層を形成する工程と、第2の磁性層上にギャップ層を形成する工程と、ギャップ層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第1の非磁性層パタ

ーンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層を選択的に形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程とを含むようにしたものである。

## 【 0 0 3 9 】

本発明の第3の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、第2の磁性層が形成されたのち、この第2の磁性層上にギャップ層が形成される。続いて、このギャップ層上に第1の非磁性層パターンが選択的に形成されたのち、この第1の非磁性層パターンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層が選択的に形成される。続いて、この磁性材層の表面が研磨されて平坦化されたのち、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜が選択的に形成される。続いて、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層が選択的にエッチングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜が選択的に形成される。

## 【 0 0 4 0 】

本発明の第4の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁氣的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、第2の磁性層を形成する工程と、第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層を形成する工程と、ギャップ層のうち、第1の非磁性層パターンの配設領域に対応する領域上に第2の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第2の非磁性層パターンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層を

形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第 1 の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第 1 の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第 2 の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程とを含むようにしたものである。

## 【 0 0 4 1 】

本発明の第 4 の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、第 2 の磁性層が形成されたのち、この第 2 の磁性層上に第 1 の非磁性層パターンが選択的に形成される。続いて、この第 1 の非磁性層パターンおよびその周辺の第 2 の磁性層を覆うようにギャップ層が形成されたのち、このギャップ層のうち、第 1 の非磁性層パターンの配設領域に対応する領域上に第 2 の非磁性層パターンが選択的に形成される。続いて、この第 2 の非磁性層パターンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層が形成されたのち、この磁性材層の表面が研磨されて平坦化される。続いて、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第 1 の磁性膜が選択的に形成されたのち、この第 1 の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第 2 の磁性膜が選択的に形成される。

## 【 0 0 4 2 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

## 【 0 0 4 3 】

## 〔第 1 の実施の形態〕

まず、図 1 ～図 1 2 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例について説明する。

## 【 0 0 4 4 】

図 1 ～図 8 において、(A) はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(B) は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図 9 ～図 1 2 は、主要な製造工程に対応する斜視図である。ここで、図 9 は図 3 に示した状態に対応

し、図 1 0 は図 4 に示した状態に対応し、図 1 1 は図 5 に示した状態に対応し、図 1 2 は図 8 に示した状態に対応する。ただし、図 1 1 では、図 5 における絶縁膜 1 3 等の図示を省略し、図 1 2 では、図 8 における絶縁膜 1 3, 1 5, 1 6、薄膜コイル 1 4 およびオーバーコート層 1 7 等の図示を省略している。

## 【 0 0 4 5 】

以下の説明では、図 1 ～図 1 2 の各図中における X 軸方向を「幅方向」、Y 軸方向を「長さ方向」、Z 軸方向を「厚み方向または高さ方向」として表記すると共に、Y 軸方向のうちのエアベアリング面 8 0 に近い側（または後工程においてエアベアリング面 8 0 となる側）を「前側（または前方）」、その反対側を「後側（または後方）」と表記するものとする。

## 【 0 0 4 6 】

## ＜薄膜磁気ヘッドの製造方法＞

本実施の形態に係る製造方法では、まず、図 1 に示したように、例えばアルテック ( $Al_2O_3 \cdot TiC$ ) よりなる基板 1 上に、例えばアルミナよりなる絶縁層 2 を、約 3.0 ～ 5.0  $\mu m$  の厚みで堆積する。次に、絶縁層 2 上に、例えばフレームめっき法を用いて、例えばパーマロイ (Ni : 80 重量%, Fe : 20 重量%) を約 2.0 ～ 3.0  $\mu m$  の厚みで選択的に形成して、再生ヘッド用の下部シールド層 3 を形成する。フレームめっき法の形成手順等に関する詳細については、後述する。この下部シールド層 3 は、例えば、後述する図 1 3 に示したような平面形状を有するものである。なお、下部シールド層 3 を形成するためのパーマロイとしては、上記した Ni : 80 重量%, Fe : 20 重量%の組成を有するものの他、例えば、Ni : 45 重量%, Fe : 55 重量%の組成を有するものを用いるようにしてもよい。次に、全体を覆うように、例えばアルミナ層を約 4.0 ～ 5.0  $\mu m$  の厚みで形成したのち、例えば CMP (化学機械研磨) 法により、下部シールド層 3 が露出するまでアルミナ層の表面を研磨する。このとき、上記の研磨処理により、全体を平坦化する。

## 【 0 0 4 7 】

次に、図 1 に示したように、下部シールド層 3 上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなるシールドギャップ膜 4 を約 100 ～ 200 nm の

厚みで形成する。次に、シールドギャップ膜 4 上に、高精度のフォトリソグラフィ処理を用いて、再生ヘッド部の要部である MR 素子を構成するための MR 膜 5 を所望の形状となるように形成する。次に、MR 膜 5 の両側に、この MR 膜 5 と電氣的に接続する引き出し電極層としてのリード層（図示せず）を形成する。次に、このリード層、シールドギャップ膜 4 および MR 膜 5 上にシールドギャップ膜 6 を形成して、MR 膜 5 をシールドギャップ膜 4, 6 内に埋設する。シールドギャップ膜 6 の形成材料および形成方法等は、シールドギャップ膜 4 の場合とほぼ同様である。

## 【 0 0 4 8 】

次に、図 1 に示したように、シールドギャップ膜 6 上に、上部シールド層 7 を約  $1.0 \sim 1.5 \mu\text{m}$  の厚みで選択的に形成する。この上部シールド層 7 は、例えば、後述する図 1 3 に示したような平面形状を有するものである。上部シールド層 7 の形成材料および形成方法等は、下部シールド層 3 の場合とほぼ同様である。次に、上部シールド層 7 上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる絶縁膜 8 を約  $0.15 \sim 0.2 \mu\text{m}$  の厚みで形成する。

## 【 0 0 4 9 】

次に、図 1 に示したように、絶縁膜 8 上に、例えば  $1.5$  テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄 ( $\text{FeN}$ ) よりなる下部磁極 9 を選択的に形成する。この下部磁極 9 は、例えば、後述する図 1 3 に示したような平面形状を有するものである。ここで、下部磁極 9 の形成は、以下のような手順により行う。すなわち、まず、絶縁膜 8 上に、例えばスパッタリングにより、例えば窒化鉄層を約  $2.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$  の厚みで形成する。続いて、所定の形状および材質を有するマスクを用いて、例えばリアクティブイオンエッチング (Reactive Ion Etching; 以下、単に「RIE」という) により窒化鉄層をエッチングしてパターニングすることにより、下部磁極 9 を選択的に形成する。下部磁極 9 の表面は、その全域にわたってほぼ平坦となる。一般に、RIE を用いた場合のエッチング速度は、イオンミリングを用いた場合のエッチング速度よりも速い。このため、エッチング方法として RIE を用いることにより、イオンミリングを用いる場合よりも、下部磁極 9 を短時間で形成することができる。RIE によるエッチ



ング処理を用いて下部磁極 9 を形成する場合には、特に、エッチング時に使用するエッチングガスの種類やエッチング時の加工温度などのエッチング条件を適正化することにより、下部磁極 9 の形成に要する時間をより短縮させることが可能となる。このようなエッチング条件の適正化に関する詳細については、後述する。なお、下部磁極 9 の形成材料としては、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に 1. 5 以上の高い磁束密度を有する磁性材料として、コバルト鉄合金 (FeCo)、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金 (FeCoZrO) またはジルコニウム鉄窒化物合金 (FeZrN) などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。下部磁極 9 を形成するために用いるマスクの材質としては、例えば、クロムなどの金属材料やフォトレジスト膜などの非金属材料を用いることができる。ここで、下部磁極 9 が、本発明における「第 2 の磁性層」の一具体例に対応する。

#### 【0050】

次に、下部磁極 9 上に、例えばスパッタリングにより、非磁性材料、例えばアルミナ層を約 0. 3 ~ 0. 8  $\mu$ m の厚みで形成したのち、所定の形状および材質を有するマスクを用いて、例えば R I E によりアルミナ層をエッチングしてパターンニングする。このエッチング処理により、図 2 に示したように、下部磁極 9 の平坦面に隣接するように非磁性層パターン 1 0 が選択的に形成される。なお、非磁性層パターン 1 0 の形成材料としては、上記したアルミナの他、非磁性金属材料、例えばニッケル銅合金 (NiCu) などを用いるようにしてもよい。非磁性層パターン 1 0 を形成するためのエッチング処理により、アルミナ層のうち、前側の領域の一部と後工程において磁路接続部 1 2 d が形成されることとなる後側の領域の一部とが選択的に除去される。上記した除去部分のうちの「後側の領域」には、下部磁極 9 と後工程において形成される上部磁極 1 2 とを接続させるための開口部 1 0 k が形成される。

#### 【0051】

この非磁性層パターン 1 0 は、スロートハイト (TH) を決定する際に基準の位置となるスロートハイトゼロ位置 (TH0 位置) を規定するためのものである。非磁性層パターン 1 0 を形成する際には、例えば、非磁性層パターン 1 0 の最も前側の端縁 (以下、単に「最前端」という) の位置が、MR 膜 5 の最も後側の

端縁（以下、単に「最後端」という）の位置とほぼ一致するようにする。また、例えば、非磁性層パターン 10 の少なくとも前端縁部近傍が、下部磁極 9 の平坦面に対して傾斜した斜面をなすようにするのが好適である。これは、後工程において形成される上部ポールチップ部 12 a c（図 4 参照）のうち、上記の斜面部の上方に配設されることとなる部分における磁束の流れを円滑化させることができるからである。なお、非磁性層パターン 10 の形成材料としては、上記したアルミナなどの無機絶縁材料の他、ニッケル銅（NiCu）などの非磁性金属材料などを用いるようにしてもよい。非磁性層パターン 10 を形成するために用いるマスクの材質は、下部磁極 9 を形成するために用いたマスクの場合と同様である。

#### 【0052】

次に、図 2 に示したように、ほぼ全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる記録ギャップ層 11 を約  $0.1 \sim 0.15 \mu\text{m}$  の厚みで形成する。記録ギャップ層 11 を形成する際には、先工程において形成された開口部 10 k がアルミナによって覆われないようにする。図 2 に示したように、記録ギャップ層 11 は、下部磁極 9 の表面と非磁性層パターン 10 の表面との間に形成された段差部分に対応した段差領域を含み、下部磁極 9 の平坦面上から非磁性層パターン 10 上にかけて延在することとなる。以下では、記録ギャップ層 11 のうち、下部磁極 9 上に形成された部分を「下段領域」と呼称し、非磁性層パターン 10 上に形成された部分を「上段領域」と呼称するものとする。ここで、記録ギャップ層 11 が、本発明における「ギャップ層」の一具体例に対応し、非磁性層パターン 10 が、本発明における「第 1 の非磁性層パターン」の一具体例に対応する。

#### 【0053】

次に、図 2 に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、 $1.5$  テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄よりなるポールチップ前駆層 112（以下、単に「窒化鉄層」ともいう）を約  $0.8 \sim 2.0 \mu\text{m}$  の厚みで形成する。このポールチップ前駆層 112 は、後工程においてエッチング処理によってパターンニングされることにより、ポールチップ部 12 c と

なる前準備層である。以下の説明では、このように後工程で所定の形状となるようにパターニングされることとなる前準備層を「前駆層」と称呼し、同様に表記するものとする。図2に示したように、ポールチップ前駆層112の表面部は、非磁性層パターン10等によって構成された下地の凹凸構造に対応した凹凸をなすこととなる。なお、ポールチップ前駆層112の形成材料としては、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料であるコバルト鉄合金(FeCo)、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金(FeCoZrO)またはジルコニウム鉄窒化物合金(FeZrN)などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。ここで、ポールチップ前駆層112が、本発明における「磁性材層」の一具体例に対応する。

## 【0054】

次に、図3に示したように、例えばCMP法により、ポールチップ前駆層112の表面を研磨して平坦化する。このときの研磨処理は、例えば、非磁性層パターン10の配設領域よりも前側の領域におけるポールチップ前駆層112の膜厚が約0.5~1.5 $\mu$ m程度になるまで行う。

## 【0055】

次に、図3および図9に示したように、ポールチップ前駆層112上の所定の位置に、例えばフレームめっき法により、鉄(Fe)、ニッケル(Ni)およびコバルト(Co)を含み、1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金(CoNiFe; Co:45重量%, Ni:30重量%, Fe:25重量%)よりなるポールチップ部12aを約1.5~2.5 $\mu$ mの厚みで選択的に形成する。ポールチップ部12aを形成する際には、同時に、開口部10kの上方におけるポールチップ前駆層112上に磁路接続部12bを選択的に形成する。ポールチップ部12aおよび磁路接続部12bの双方は、上部磁極12の一部を構成するものである。なお、ポールチップ部12aの形成材料としては、上記した3つの金属元素と共に、クロム(Cr)、ボロン(B)、金(Au)および銅(Cu)のうちの少なくとも1種を含むものを用いるようにしてもよい。

## 【0056】

ポールチップ部 1 2 a は、例えば、後述する図 1 3 に示したような平面形状を有するものであり、後工程においてエアベアリング面 8 0 となる側（図 3 における左側）から順に、先端部 1 2 a (1)、中間部 1 2 a (2) および後端部 1 2 a (3) を含んでいる。先端部 1 2 a (1) は、記録媒体上の記録トラック幅を規定する一定幅を有する部分である。ポールチップ部 1 2 a の構造的特徴については後述する。ポールチップ部 1 2 a を形成する際の上記の「所定の位置」とは、例えば、ポールチップ部 1 2 a が記録ギャップ層 1 1 の下段領域から上段領域にかけて延在すると共に、特に、非磁性層パターン 1 0 の最前端が先端部 1 2 a (1) の延在領域内に位置することとなるような位置である。ここで、ポールチップ部 1 2 a が、本発明における「第 1 の磁性膜」の一具体例に対応する。

#### 【 0 0 5 7 】

フレームめっき法によってポールチップ部 1 2 a を形成する際には、まず、例えば、スパッタリングにより、電解めっき法におけるシード層となる電極膜（図示せず）を約  $70\text{ }\mu\text{m}$  の厚みに形成する。この電極膜の形成材料としては、例えば、1.5 以上の高い磁束密度を有する鉄ニッケルコバルト合金（Co : 45 重量%, Ni : 30 重量%, Fe : 25 重量%）などを用いるようにする。次に、この電極膜上に、例えばポジティブ型のフォトレジスト（以下、単に「フォトレジスト」という。）を塗布して、フォトレジスト膜（図示せず）を形成する。次に、所定の形状パターンを有するマスク（図示せず）を用いて、フォトレジスト膜の所定の領域を選択的に露光する。このとき用いるマスクの材質は、下部磁極 9 を形成するために用いたマスクの場合と同様である。次に、フォトレジスト膜の露光領域を現像することにより、フレームめっき法においてめっき処理を行う際に用いるフレームパターン（外枠）（図示せず）を形成する。このフレームパターンは、上記の露光領域に対応した開口部を備えるものである。次に、フレームパターンをマスクとして用いると共に先工程において形成した電極膜をシード層として用いて、電解めっき法により、鉄ニッケルコバルト合金（Co : 45 重量%, Ni : 30 重量%, Fe : 25 重量%）よりなるポールチップ部 1 2 a を形成する。最後に、フレームパターンを除去する。なお、磁路接続部 1 2 b もまた、上記したポールチップ部 1 2 a の場合と同様の形成材料および形成方法を用

いて形成する。

【 0 0 5 8 】

次に、ポールチップ部 1 2 a および磁路接続部 1 2 b の双方をマスクとして、例えば R I E により、ポールチップ前駆層 1 1 2 をエッチングしてパターニングする。このエッチング処理により、ポールチップ前駆層 1 1 2 のうち、ポールチップ部 1 2 a および磁路接続部 1 2 b のそれぞれの配設領域以外の部分が選択的に除去され、図 4 および図 1 0 に示したように、上部磁極 1 2 の一部を構成するポールチップ部 1 2 c および磁路接続部 1 2 d が形成される。ポールチップ前駆層 1 1 2 をパターニングするためのエッチング方法として R I E を用いることにより、ポールチップ部 1 2 c および磁路接続部 1 2 d を高精度かつ短時間で形成することができる。なお、ポールチップ部 1 2 c 等を形成するためのエッチング処理により、マスク自体、すなわちポールチップ部 1 2 a および磁路接続部 1 2 b のそれぞれ自体もエッチングされ、その膜厚は減少することとなる。

【 0 0 5 9 】

ポールチップ部 1 2 c 等を形成するための R I E によるエッチング処理を行う際には、特に、例えば、塩素 ( $\text{Cl}_2$ )、三塩化ボロン ( $\text{BCl}_3$ )、塩化水素 ( $\text{HCl}$ )、四フッ化炭素 ( $\text{CF}_4$ )、六フッ化硫黄 ( $\text{SF}_6$ ) および三臭化ボロン ( $\text{BBr}_3$ ) のうちの少なくとも 1 種に水素 ( $\text{H}_2$ )、酸素 ( $\text{O}_2$ )、窒素 ( $\text{N}_2$ ) およびアルゴン ( $\text{Ar}$ ) などを添加したものを含むエッチングガスを用いると共に、加工温度を  $50^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$  の範囲内となるようにするのが好適である。このようなガス雰囲気中および温度下において R I E によるエッチング処理を行うことにより、特に、窒化鉄よりなるポールチップ前駆層 1 1 2 に対するエッチング処理の化学反応が促進されるため、ポールチップ部 1 2 c および磁路接続部 1 2 d の形成に要する時間をより短縮することができる。

【 0 0 6 0 】

ポールチップ部 1 2 c および磁路接続部 1 2 d は、ポールチップ部 1 2 a および磁路接続部 1 2 b のそれぞれとほぼ同様の構造的特徴を有するものである。ポールチップ部 1 2 c は、ポールチップ部 1 2 a の先端部 1 2 a (1)、中間部 1 2 a (2)、後端部 1 2 a (3) に対応する先端部 1 2 c (1)、中間部 1 2 c (2)、後

端部 1 2 c (3) を有するものである。先端部 1 2 c (1) は、先端部 1 2 a (1) と同様に、記録媒体上の記録トラック幅を規定する一定幅を有する部分である。ポールチップ部 1 2 c および磁路接続部 1 2 d のそれぞれは、ポールチップ部 1 2 a および磁路接続部 1 2 b と同様に、1. 5 テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料（窒化鉄）よりなるものである。以下では、ポールチップ部 1 2 a およびポールチップ部 1 2 c を総称して、単に「上部ポールチップ 1 2 a c」ともいう。

#### 【 0 0 6 1 】

上記したように、上部ポールチップ 1 2 a c は、ポールチップ部 1 2 a およびポールチップ部 1 2 c の集合体として形成される。すなわち、上部ポールチップ 1 2 a c は、単一の形成工程において一括して構築されるものではなく、例えば上下に 2 分割されたポールチップ部 1 2 a（上層部分）およびポールチップ部 1 2 c（下層部分）のそれぞれの形成工程を経て構築される。ここで、ポールチップ部 1 2 c が、本発明における「第 2 の磁性膜」の一具体例に対応する。また、ポールチップ部 1 2 a の先端部 1 2 a (1) およびポールチップ部 1 2 c の先端部 1 2 c (1) が、本発明における「一定幅部分」の一具体例に対応し、上部ポールチップ 1 2 a c が、本発明における「所定の磁性層部分」の一具体例に対応する。

#### 【 0 0 6 2 】

次に、上部ポールチップ 1 2 a c をマスクとして、例えば R I E により、全体（磁路接続部 1 2 b, 1 2 d の配設領域を除く）に約 0. 3 ~ 0. 4  $\mu$  m 程度エッチングする。このエッチング処理により、記録ギャップ層 1 1 および下部磁極 9 のうち、上部ポールチップ 1 2 a c の配設領域以外の領域における部分が選択的に除去され、掘り下げられる。なお、上記のエッチング処理を行う際には、非磁性層パターン 1 0 のうちの上方側の一部も選択的に除去されるようにする。このような非磁性層パターン 1 0 の選択的除去は、アルミナ（非磁性層パターン 1 0）に対するエッチング速度が窒化鉄（下部磁極 9）に対するエッチング速度よりも遅くなるようにエッチング条件を調整することにより可能となる。このエッチング処理により、図 5 および図 1 1 に示したように、トリム構造を有する磁極

部分 1 0 0 が形成される。この磁極部分 1 0 0 は、ポールチップ部 1 2 a の先端部 1 2 a (1) と、ポールチップ部 1 2 c の先端部 1 2 c (1) と、下部磁極 9 のうちの先端部 1 2 a (1) 等に対応する部分と、この下部磁極 9 の一部と先端部 1 2 a (1) 等とによって挟まれた記録ギャップ層 1 1 のうちの一部とによって構成されている。磁極部分 1 0 0 を構成する上記の各部位は、互いにほぼ同様の幅を有している。R I E を用いることにより、記録ギャップ層 1 1 および下部磁極 9 に対するエッチング処理を短時間で行うことができる。

## 【 0 0 6 3 】

特に、記録ギャップ層 1 1 および下部磁極 9 を R I E によりエッチングする際には、例えば、塩素と三塩化ボロンとの混合ガスをエッチングガスとして用いると共に、加工温度を  $100^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$  の範囲内となるようにするのが好適である。このようなガス雰囲気中および温度下において R I E によるエッチング処理を行うことにより、エッチング処理を高精度に制御しながら実施することができると共に、エッチング処理に要する時間をより短縮することができる。このエッチング処理により、ポールチップ部 1 2 a および磁路接続部 1 2 b のそれぞれ自体もエッチングされ、その膜厚はさらに減少することとなる。

## 【 0 0 6 4 】

次に、図 5 に示したように、全体を覆うように、例えばアルミナよりなる絶縁膜 1 3 を約  $0.3 \sim 0.5 \mu\text{m}$  の厚みで形成する。

## 【 0 0 6 5 】

次に、図 6 に示したように、上部ポールチップ 1 2 a c の配設領域よりも後方の領域（磁路接続部 1 2 b, 1 2 d の配設領域を除く）における平坦な絶縁膜 1 3 上に、例えば電解めっき法により、例えば銅 (C u) よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル 1 4 を約  $1.0 \sim 1.5 \mu\text{m}$  の厚みで選択的に形成する。この薄膜コイル 1 4 は、例えば、後述する図 1 3 に示したような渦巻状の平面構造を有するものである。なお、図 6 では、薄膜コイル 1 4 の一部分のみを図示している。薄膜コイル 1 4 を形成する際には、同時に、例えば、その内側の終端部における絶縁膜 1 3 上に、コイル接続部 1 4 s を薄膜コイル 1 4 と一体に形成する。このコイル接続部 1 4 s は、薄膜コイル 1 4 と後工程において形成されるコイ

ル接続配線 1 2 e h (図 7 参照) とを電氣的に接続させるためのものである。

【 0 0 6 6 】

次に、薄膜コイル 1 4 (コイル接続部 1 4 s を含む) の各巻線間およびその周辺に、加熱時に流動性を示す材料、例えばフォトレジストなどの有機絶縁材料を高精度のフォトリソグラフィ処理により所定のパターンとなるように形成する。次に、このフォトレジスト膜に対して、例えば  $200^{\circ}\text{C} \sim 250^{\circ}\text{C}$  の範囲内における温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、図 6 に示したように、フォトレジストが流動して薄膜コイル 1 4 等の各巻線間を隙間なく埋めつくし、薄膜コイル 1 4 等の各巻線間を絶縁化するための絶縁膜 1 5 が形成される。絶縁膜 1 5 を形成する際には、絶縁膜 1 5 が薄膜コイル 1 4 およびコイル接続部 1 4 s の双方の上面を覆わないようにしてもよいし (図 6 参照)、または覆うようにしてもよい。

【 0 0 6 7 】

次に、図 6 に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナ層 1 6 p を約  $3.0 \sim 4.0 \mu\text{m}$  の厚みで形成して、上部ポールチップ 1 2 a c、磁路接続部 1 2 b, 1 2 d、薄膜コイル 1 4 およびコイル接続部 1 4 s 等によって構成された凹凸構造領域を埋設する。

【 0 0 6 8 】

次に、例えば CMP 法により、アルミナ層 1 6 p の表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、図 7 に示したように、薄膜コイル 1 4 等を埋設する絶縁膜 1 6 が形成される。このときの研磨処理は、少なくともポールチップ部 1 2 a および磁路接続部 1 2 b が露出するまで行う。絶縁膜 1 6 の形成材料としてアルミナなどの無機絶縁材料を用いることにより、フォトレジストなどの軟絶縁材料を用いる場合とは異なり、CMP 研磨盤の研磨面が目詰まりを起こすことを防止できると共に、研磨後の表面をより平滑に形成することができる。

【 0 0 6 9 】

次に、図 7 に示したように、例えば R I E またはイオンミリングにより、コイル接続部 1 4 s の上方を覆っている絶縁膜 1 6 を部分的にエッチングして、コイル接続部 1 4 s と後工程において形成されるコイル接続配線 1 2 e h とを接続さ



せるための開口部 1 6 k を形成する。

【 0 0 7 0 】

次に、図 7 に示したように、平坦化された領域のうち、磁路接続部 1 2 b の上方からポールチップ部 1 2 a の後端部 1 2 a (3) の上方にかけての領域に、上部磁極 1 2 の一部を構成する上部ヨーク 1 2 e を約 2. 0 ~ 3. 0  $\mu$  m の厚みで選択的に形成する。この上部ヨーク 1 2 e は、例えば、後述する図 1 3 に示したような平面形状を有するものであり、薄膜コイル 1 4 の上方領域に延在するヨーク部 1 2 e (1) と、ヨーク部 1 2 e (1) の前方においてポールチップ部 1 2 a の後端部 1 2 a (3) の一部と部分的にオーバーラップするように延在する接続部 1 2 e (2) とを含んでいる。上部ヨーク 1 2 e の構造的特徴については後述する。上部ヨーク 1 2 e は、その後方部分において、開口部 1 0 k を通じて磁路接続部 1 2 b, 1 2 d を介して下部磁極 9 と磁氣的に連結されると共に、その前方部分において、ポールチップ部 1 2 a を介してポールチップ部 1 2 c と磁氣的に連結される。

【 0 0 7 1 】

上部ヨーク 1 2 e を形成する際には、同時に、コイル接続部 1 4 s の上方から図示しない外部回路にかけての領域にコイル接続配線 1 2 e h を形成する。このコイル接続配線 1 2 e h は、コイル接続配線 1 4 s と外部回路（図示せず）とを電氣的に接続させるためのものである。上部ヨーク 1 2 e およびコイル接続配線 1 2 e h の形成材料および形成方法は、例えば、下部磁極 9 等の場合と同様である。すなわち、例えばスパッタリングにより、例えば 1. 5 以上の高い磁束密度を有する磁性材料である窒化鉄層を形成したのち、この窒化鉄層を R I E によりエッチングしてパターニングすることにより上部ヨーク 1 2 e 等を形成する。上部ヨーク 1 2 e を形成する場合においても、下部磁極 9 等を形成した場合と同様に、R I E によるエッチング処理を行う際のエッチング条件（エッチングガスのガス種および加工温度等）を適正化することにより、上部ヨーク 1 2 e を高精度かつ短時間で形成することができる。

【 0 0 7 2 】

上部ヨーク 1 2 e を形成する際には、例えば、その最前端が、ポールチップ部

1 2 a における中間部 1 2 a (2) と後端部 1 2 a (3) との連結位置よりも後方に位置するようにする。具体的には、上部ヨーク 1 2 e の最前端が、後工程において形成されるエアベアリング面 8 0 (図 8 参照) の位置から約  $0.5 \mu\text{m}$  以上離れて位置するようにするのが好適である。エアベアリング面 8 0 から十分に離れた位置に上部ヨーク 1 2 e を配設するようにすることにより、上部ヨーク 1 2 e からエアベアリング面 8 0 への磁束の直接放出に起因するサイドイレース現象の発生を回避することができるからである。また、例えば、上部ヨーク 1 2 e の最後端の位置が、磁路接続部 1 2 b, 1 2 d の最後端の位置とほぼ一致するようにする。ここで、ポールチップ部 1 2 a, 1 2 c (上部ポールチップ 1 2 a c)、磁路接続部 1 2 b, 1 2 d および上部ヨーク 1 2 e によって構成される上部磁極 1 2 が、本発明における「第 1 の磁性層」の一具体例に対応する。

## 【 0 0 7 3 】

次に、図 7 に示したように、全体を覆うように、絶縁材料、例えばアルミナなどの無機絶縁材料よりなるオーバーコート層 1 7 を約  $20 \sim 40 \mu\text{m}$  の厚みで形成する。

## 【 0 0 7 4 】

最後に、図 8 に示したように、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面 8 0 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。このときの上部ヨーク 1 2 e 周辺における立体的構造は、図 1 2 に示したようになる。

## 【 0 0 7 5 】

## ＜薄膜磁気ヘッドの製造方法における作用および効果＞

次に、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における作用および効果について説明する。

## 【 0 0 7 6 】

本実施の形態では、ポールチップ前駆層 1 1 2 を形成したのち、このポールチップ前駆層 1 1 2 上にポールチップ部 1 2 a を形成し、このポールチップ部 1 2 a をマスクとして用いてポールチップ前駆層 1 1 2 をパターンニングすることによりポールチップ部 1 2 c を形成するようにしている。このような場合には、以下

のような理由により、ポールチップ部 1 2 c を形成するための製造工程数を削減することができる。すなわち、例えば、ポールチップ前駆層 1 1 2 を形成したのち、ポールチップ部 1 2 a を形成せずにポールチップ部 1 2 c を形成するためには、新たに、ポールチップ前駆層 1 1 2 をパターニングするためのマスクを形成する工程が必要となる。これに対して、本実施の形態では、ポールチップ前駆層 1 1 2 をパターニングするためのマスクとしてポールチップ部 1 2 a を用いているので、新たにパターニング用のマスクを形成する工程が不要となる。しかも、マスクとして使用されるポールチップ部 1 2 a は、上部ポールチップ 1 2 a c の一部を構成するものであるため、ポールチップ前駆層 1 1 2 をパターニングしたのち、マスクを除去する工程も不要となる。

## 【 0 0 7 7 】

また、本実施の形態では、非磁性層パターン 1 0 等によって構成された凹凸領域を含む下地上にポールチップ前駆層 1 1 2 を形成したのち、このポールチップ前駆層 1 1 2 の表面を CMP 法等により研磨して平坦化するようにしているので、以下のような理由により、ポールチップ部 1 2 a を高精度に形成することができる。すなわち、ポールチップ前駆層 1 1 2 を平坦化しないと、このポールチップ前駆層 1 1 2 の表面部は、下地（非磁性層パターン 1 0 等）の凹凸領域に対応した凹凸構造をなすこととなる。このような場合には、従来問題とされていたように、フォトリジスト膜に対する露光工程において、下地の斜面部から反射する反射光の影響により、フォトリジスト膜中の露光領域（特に極微小幅部分）が拡大し、フレームパターンの形成精度が大きく低下してしまう。これに対して、本実施の形態では、研磨工程によって平坦化された下地（ポールチップ前駆層 1 1 2）上において露光処理が行われるため、従来の場合とは異なり、露光工程における反射光の発生が抑制され、露光領域の拡大が抑制される。これにより、ポールチップ部 1 2 a を形成するためのフレームパターンを高精度に形成することが可能となる。具体的には、フレームパターンの形成の高精度化に基づき、ポールチップ部 1 2 a における先端部 1 2 a (1) の幅を例えば約 0. 1 ～ 0. 3  $\mu$  m ままで極微小化することが可能となる。

## 【 0 0 7 8 】

また、上部ポールチップ 1 2 a c の分割形成は、以下のような観点においても、上部ポールチップ 1 2 a c の高精度化に寄与することとなる。すなわち、上部ポールチップ 1 2 a c を分割して形成せずに、フレームめっき法によって一括して形成する場合には、従来問題とされていたように、上部ポールチップ 1 2 a c の形成に必要なフォトレジスト膜の膜厚とフォトレジスト膜に対する加工幅（特に極微小幅部分）との差異が大きすぎるために、フレームパターンの形成精度が大きく低下してしまう。これに対して、本実施の形態では、上部ポールチップ 1 2 a c を分割して形成することにより、その一部であるポールチップ部 1 2 a を形成するためのフォトレジスト膜の膜厚は、上部ポールチップ 1 2 a c を一括して形成する場合に必要なフォトレジスト膜の膜厚よりも小さくなる。このフォトレジスト膜の膜厚の減少により、ポールチップ部 1 2 a の形成精度が向上することとなる。

## 【 0 0 7 9 】

また、本実施の形態では、ポールチップ部 1 2 a の形成材料として、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金（C o N i F e）を用いるようにしている。一般に、この鉄ニッケルコバルト合金は、パーマロイやニッケル鉄等の磁性材料よりも硬い磁性材料であるため、鉄ニッケルコバルト合金に対するエッチング速度は、パーマロイや窒化鉄等に対するエッチング速度よりも遅くなる。このため、ポールチップ前駆層 1 1 2 をパターンニングするためのエッチング処理時において、ポールチップ前駆層 1 1 2 に対するエッチング量よりもポールチップ部 1 2 a に対するエッチング量を小さくし、ポールチップ部 1 2 a の膜減りを抑制することができる。これにより、ポールチップ前駆層 1 1 2 をパターンニングするために鉄ニッケルコバルト合金よりなるポールチップ部 1 2 a をマスクとして使用することが可能となる。ただし、ポールチップ部 1 2 a の形成時には、エッチング処理時における「膜減り」を見こして、ポールチップ部 1 2 a の厚みを必要かつ十分に確保しておく必要がある。ポールチップ部 1 2 a に対するエッチング量（膜減り量）は、エッチングガスの種類や加工温度などのエッチング条件を変更することにより調整可能である。

## 【 0 0 8 0 】

ポールチップ部 1 2 a の形成材料としての鉄ニッケルコバルト合金は、形成されることとなるポールチップ部 1 2 a の膜厚が適度に薄い場合にのみ使用するのが好ましい。なぜなら、例えば、鉄ニッケルコバルト合金を形成材料として用いて、上部ポールチップ 1 2 a c を一括して形成しようとする、内部応力の蓄積に起因して鉄ニッケルコバルト合金が部分的に割れたり、剥がれてしまい、上部ポールチップ 1 2 a c を正常に形成することができないからである。具体的には、約  $2.5 \mu\text{m}$  以下の膜厚を有する磁性層部分を形成する場合に、その形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いることが可能となる。上部ポールチップ 1 2 a c を分割形成し、ポールチップ部 1 2 a の膜厚を適度に薄くすることにより、鉄ニッケルコバルト合金などの硬い磁性材料を用いた場合においても、上記の「割れ」または「剥がれ」等を回避し、ポールチップ部 1 2 a を安定的に形成することができる。

## 【 0 0 8 1 】

また、本実施の形態では、ポールチップ前駆層 1 1 2 をパターニングするためのエッチング方法として R I E を用いるようにしたので、イオンミリングを用いる場合よりも、ポールチップ部 1 2 c を高精度かつ短時間で形成することができる。特に、R I E によるエッチング処理を適正なエッチング条件下において行うようにしたので、ポールチップ部 1 2 c の形成に要する時間をより短縮することができる。

## 【 0 0 8 2 】

なお、エッチング手法として R I E を用いた場合の形成精度の向上および形成時間の短縮に関する効果は、下部磁極 9 や上部ヨーク 1 2 e を形成する場合においても同様である。

## 【 0 0 8 3 】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ 1 2 a c をマスクとして記録ギャップ層 1 1 および下部磁極 9 を選択的にエッチングするための手法として R I E を用いるようにしたので、上記したポールチップ部 1 2 c の形成の場合と同様の作用により、記録ギャップ層 1 1 および下部磁極 9 に対するエッチング加工を高精度かつ短時間で形成することができる。この場合においても、エッチング条件

を適正化することにより、エッチング加工に要する時間をより短縮することができる。

【 0 0 8 4 】

また、本実施の形態では、図 5 および図 1 1 に示したように、エッチング処理によって磁極部分 1 0 0 を形成する際に、上部ポールチップ 1 2 a c の周辺領域における非磁性層パターン 1 0 の一部もエッチングして除去するようにしたので、薄膜コイル 1 4 を形成することとなる下地の表面の位置は、非磁性層パターン 1 0 の一部をエッチングしない場合における下地の表面の位置よりも低くなる。このため、後工程において、薄膜コイル 1 4 の上方には十分な厚みを有する絶縁膜 1 6 が形成されることとなるので、薄膜コイル 1 4 と後工程において形成される上部ヨーク 1 2 e との間を確実に絶縁することができる。

【 0 0 8 5 】

また、薄膜コイル 1 4 を形成することとなる下地の表面の位置を低くすることにより、この観点においても、以下のような理由により、ポールチップ部 1 2 a の形成の安定化に寄与することができる。すなわち、例えば、下地の表面の位置を固定した場合、薄膜コイル 1 4 の上方に配設されることとなる絶縁膜 1 6 の膜厚は、ポールチップ部 1 2 a の膜厚に依存することとなる。このような場合において、薄膜コイル 1 4 の上方に配設されることとなる絶縁膜 1 6 の膜厚を厚くするためには、ポールチップ部 1 2 a の膜厚を厚くしなければならない。しかしながら、上記したように、鉄ニッケルコバルト合金よりなるポールチップ部 1 2 a の膜厚を厚くすると、その形成が不安定化することとなる。これに対して、本実施の形態では、下地の表面の位置を低くすることにより、薄膜コイル 1 4 の上方における絶縁膜 1 6 の厚みを十分に確保しつつ、ポールチップ部 1 2 a の膜厚を小さくすることができる。したがって、上記したポールチップ部 1 2 a の膜厚が大きい場合の不具合を回避することができる。

【 0 0 8 6 】

また、本実施の形態では、薄膜コイル 1 4 （コイル接続部 1 4 s を含む）の各巻線間を埋め込む絶縁膜 1 5 の形成材料として、加熱時に流動性を示すフォトリジストなどの有機絶縁材料を用いるようにしたので、加熱時に流動性を示さない

アルミナなどの無機絶縁材料を用いる場合とは異なり、薄膜コイル 1 4 等の各巻線間を隙間なく埋めつくすことができ、確実に絶縁することができる。

【 0 0 8 7 】

＜薄膜磁気ヘッドの構造＞

次に、図 8、図 1 2 および図 1 3 を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造について説明する。

【 0 0 8 8 】

図 1 3 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。なお、図 1 3 では、絶縁膜 1 5、1 6 およびオーバーコート層 1 7 等の図示を省略している。また、薄膜コイル 1 4 については、その最外周部分のみを図示し、非磁性層パターン 1 0 については、その最外端のみを図示している。図 8 (A) は、図 1 3 における VIIIA-V IIIA 線に沿った矢視断面に相当する。なお、図 1 3 中の X、Y、Z 軸方向に関するそれぞれの表記については、図 1 ～図 1 2 の場合と同様とする。

【 0 0 8 9 】

図 1 3 に示したように、非磁性層パターン 1 0 の最前端の位置は、スロートハイト (TH) を決定する際の基準となる位置、すなわちスロートハイトゼロ位置 (TH0 位置) である。スロートハイト (TH) は、非磁性層パターン 1 0 の最前端の位置 (TH0 位置) からエアベアリング面 8 0 までの長さとして規定される。また、図 1 3 における「MRH0 位置」は、MR 膜 5 の最後端の位置、すなわち MR ハイトゼロ位置を表している。MR ハイト (MRH) は、MR ハイトゼロ位置からエアベアリング面 8 0 までの長さである。スロートハイトゼロ位置 (TH0 位置) と MR ハイトゼロ位置 (MRH0 位置) とは、例えば、ほぼ一致している。

【 0 0 9 0 】

上部磁極 1 2 は、例えば、それぞれ別個に形成された上部ポールチップ 1 2 a c、磁路接続部 1 2 b、1 2 d および上部ヨーク 1 2 e によって構成されている。すなわち、上部磁極 1 2 は、これらの各部位の集合体である。

【 0 0 9 1 】

上部ヨーク 1 2 e は、薄膜コイル 1 4 により発生した磁束を収容するたの大きな面積を有するヨーク部 1 2 e (1) と、ヨーク部 1 2 e (1) よりも小さい一定幅を有する接続部 1 2 e (2) とを含んでいる。ヨーク部 1 2 e (1) の幅は、例えば、その後方部においてほぼ一定であり、その前方部においてエアベアリング面 8 0 に近づくにつれて徐々に狭まるようになっている。また、接続部 1 2 e (2) の幅は、例えば、ポールチップ部 1 2 a の後端部 1 2 a (3) の幅よりも大きくなっている。ただし、必ずしもこのような場合に限らず、例えば、前者の幅が後者の幅よりも小さくなるようにしてもよい。

## 【 0 0 9 2 】

上部ポールチップ 1 2 a c は、例えば、2 層構造を有し、上層部分としてのポールチップ部 1 2 a と下層部分としてのポールチップ部 1 2 c とによって構成されている。

## 【 0 0 9 3 】

ポールチップ部 1 2 a は、エアベアリング面 8 0 から順に先端部 1 2 a (1) 、中間部 1 2 a (2) および後端部 1 2 a (3) を含んでいる。これらの各部位は、例えば、矩形状の平面形状を有するものである。先端部 1 2 a (1) は、その全域にわたってほぼ一定な幅を有し、この幅は記録時の記録トラック幅を画定するものである。中間部 1 2 a (2) の幅は先端部 1 2 a (1) の幅よりも大きく、後端部 1 2 a (3) の幅は中間部 1 2 a (2) の幅よりも大きくなっている。すなわち、先端部 1 2 a (1) と中間部 1 2 a (2) との連結部分（以下、単に「第 1 の連結部分」ともいう。）および中間部 1 2 a (2) と後端部 1 2 a (3) との連結部分（以下、単に「第 2 の連結部分」ともいう。）のそれぞれには、幅方向の段差が形成されている。ポールチップ部 1 2 a を構成する各部位の各幅方向の中心は互いに一致している。

## 【 0 0 9 4 】

ポールチップ部 1 2 a における第 1 の連結部分の位置は、例えば、T H 0 位置（または M R H 0 位置）の位置よりも後退している。上部ヨーク 1 2 e の前側の端縁面 1 2 e f の位置は、例えば、ポールチップ部 1 2 a における第 2 の連結部分の位置よりも後退している。すなわち、上部ヨーク 1 2 e は、エアベアリング



面 8 0 から離れて位置している。なお、上部ヨーク 1 2 e の配設位置は、必ずしも上記のような場合に限らず、例えば、端縁面 1 2 e f の位置が第 2 の連結部分の位置とほぼ一致するようにしてもよい。上部ヨーク 1 2 e およびポールチップ部 1 2 a の各幅方向の中心は、互いに一致している。

## 【 0 0 9 5 】

ポールチップ部 1 2 a の第 1 の連結部分において、先端部 1 2 a (1) の側縁面と中間部 1 2 a (2) の前側の端縁面とが交わるコーナー部における角度  $\gamma$  は、例えば 9 0 度である。なお、このコーナー部の角度  $\gamma$  は必ずしもこれに限られるものではなく、例えば 9 0 度ないし 1 2 0 度の範囲内となるようにするのが好適である。角度  $\gamma$  を上記の範囲内とすることにより、後端部 1 2 a (3) および中間部 1 2 a (2) から先端部 1 2 a (1) に流入する磁束の流れを円滑化することができるからである。

## 【 0 0 9 6 】

ポールチップ部 1 2 c は、ポールチップ部 1 2 a とほぼ同様の構造を有するものである。ポールチップ部 1 2 c は、ポールチップ部 1 2 a の先端部 1 2 a (1)、中間部 1 2 a (2) および後端部 1 2 a (3) にそれぞれ対応する先端部 1 2 c (1)、中間部 1 2 c (2) および後端部 1 2 c (3) を含んでいる。

## 【 0 0 9 7 】

図 8 (A)、図 1 2 および図 1 3 に示したように、上部ポールチップ 1 2 a c は、記録ギャップ層 1 1 の下段領域上から上段領域上にかけて延在している。上部ヨーク 1 2 e の前側の一部は、ポールチップ部 1 2 a の後端部 1 2 a (3) の一部と部分的にオーバーラップして磁氣的に連結され、ポールチップ部 1 2 a を介してポールチップ部 1 2 c と磁氣的に連結されている。一方、図 8 (A) および図 1 3 に示したように、上部ヨーク 1 2 e の後方の一部は、開口部 1 0 k において、磁路接続部 1 2 b, 1 2 d を介して下部磁極 9 と磁氣的に連結されている。すなわち、上部磁極 1 2 (上部ポールチップ 1 2 a c, 磁路接続部 1 2 b, 1 2 d, 上部ヨーク 1 2 e) と下部磁極 9 とが接続されることにより、磁束の伝搬経路、すなわち磁路が形成されている。

## 【 0 0 9 8 】

図 1 3 に示したように、薄膜コイル 1 4 は、渦巻状の平面形状を有する巻線体である。薄膜コイル 1 4 のうち、例えばその内側の終端部および外側の終端部には、コイル接続部 1 4 s および端子 1 4 x がそれぞれ形成されている。双方の部位は、薄膜コイル 1 4 と一体をなすものである。コイル接続部 1 4 s 上にはコイル接続配線 1 2 e h が形成されており、薄膜コイル 1 4 とコイル接続配線 1 2 e h とは、コイル接続部 1 4 s を介して電氣的に接続されている。端子 1 4 x およびコイル接続配線 1 2 e h の後端部分（図示せず）は、共に図示しない外部回路に接続されており、この外部回路によって薄膜コイル 1 4 を通電させることができるようになっている。

## 【 0 0 9 9 】

図 8 (A)、図 1 2 および図 1 3 に示したように、非磁性層パターン 1 0 は、例えば、その最前端が、ポールチップ部 1 2 c における先端部 1 2 c (1) の延在領域内に位置するようになっている。図 8 (A) および図 1 3 に示したように、非磁性層パターン 1 0 は、例えば、上部磁極 1 2 および薄膜コイル 1 4 の配設領域をほぼ含むような広範囲な領域に配設されている。

## 【 0 1 0 0 】

## 〈薄膜磁気ヘッドの構造に関する作用および効果〉

次に、図 8 (A)、図 1 2 および図 1 3 を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する作用および効果について説明する。

## 【 0 1 0 1 】

ここでは、まず、薄膜磁気ヘッドの基本的動作、すなわち、記録媒体に対するデータの記録動作および記録媒体からのデータの再生動作について簡単に説明する。

## 【 0 1 0 2 】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時に図示しない外部回路を通じて薄膜コイル 1 4 に電流が流れると、これに応じて磁束が発生する。このとき発生した磁束は、上部ヨーク 1 2 e 内をヨーク部 1 2 e (1) から接続部 1 2 e (2) へ伝搬し、上部ヨーク 1 2 e と磁氣的に連結されているポールチップ部 1 2 a の後端部 1 2 a (3) へ流入する。後端部 1 2 a (3) に流入した磁束は、

中間部 1 2 a (2) を経由して先端部 1 2 a (1) へ伝搬する。先端部 1 2 a (1) へ伝搬した磁束は、さらにそのエアベアリング面 8 0 側の先端部分に到達する。このとき、ポールチップ部 1 2 a の後端部 1 2 a (3) に流入した磁束の一部は、ポールチップ部 1 2 a と磁氣的に連結されているポールチップ部 1 2 c の後端部 1 2 c (3) にも伝搬し、同様に中間部 1 2 c (2) を経由して先端部 1 2 c (1) の先端部分まで到達する。先端部 1 2 a (1) および先端部 1 2 c (1) の双方の先端部分に到達した磁束により、記録ギャップ層 1 1 近傍の外部に記録用の信号磁界が発生する。この信号磁界により、磁気記録媒体を部分的に磁化して、情報を記録することができる。

## 【 0 1 0 3 】

一方、再生時においては、再生ヘッド部の MR 膜 5 にセンス電流を流す。MR 膜 5 の抵抗値は、磁気記録媒体からの再生信号磁界に応じて変化するので、その抵抗変化をセンス電流の変化によって検出することにより、磁気記録媒体に記録されている情報を読み出すことができる。

## 【 0 1 0 4 】

本実施の形態では、上部ポールチップ 1 2 a c のうち、磁極部分 1 0 0 の一部を構成する一定幅部分が上下に配設された 2 つの部位（先端部 1 2 a (1) , 1 2 c (1) ）により構成されるようにすると共に、双方の部位が 1 . 5 テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料よりなるようにしたので、記録密度を高めるために磁極幅を極微小化した場合においても、磁束の飽和現象が抑制され、磁束の伝搬が円滑化される。これにより、磁気ボリュームの小さい先端部 1 2 a (1) , 1 2 c (1) のそれぞれの先端部まで十分な量の磁束が供給されるため、優れたオーバーライト特性を確保することができる。

## 【 0 1 0 5 】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ 1 2 a c を 2 層構造とし、その上層部分であるポールチップ部 1 2 a の形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用い、下層部分であるポールチップ部 1 2 c の形成材料としてニッケル鉄を用いるようにしたので、この観点においても、優れたオーバーライト特性の確保に寄与することとなる。その理由は、以下の通りである。すなわち、一般に、ポール

チップ部 1 2 a の形成材料として用いられる鉄ニッケルコバルト合金は、上記したように、その高い硬度特性によりエッチングマスクとして利用することが可能な反面、めっき処理時におけるその組成制御が困難である。組成制御が十分でないと、鉄ニッケルコバルト合金中において部分的に磁束密度の差異が生じ、磁束の伝搬特性に偏りが生じてしまう可能性がある。一方、ポールチップ部 1 2 c の形成材料として用いられるニッケル鉄は、形成手法としてスパッタリングを用いることにより、その組成を比較的容易に制御することができる。これらのことから、鉄ニッケルコバルト合金の組成が多少乱れ、ポールチップ部 1 2 a 内における磁束の伝搬特性にばらつきが生じたとしても、組成が適正に制御されたニッケル鉄よりなるポールチップ部 1 2 c において、適正な磁束の伝搬が確保されることとなる。

【 0 1 0 6 】

また、本実施の形態では、平坦な下部磁極 9 上に隣接するように、例えばアルミナなどの非磁性材料よりなる非磁性層パターン 1 0 を配設している。この非磁性層パターン 1 0 は、磁束の遮蔽材として機能し、その上方領域から下方領域に向かう磁束の流れ（磁束の漏れ）を抑制するものである。この非磁性層パターン 1 0 の存在により、上部ポールチップ 1 2 a c と下部磁極 9 との間に厚みの薄い記録ギャップ層 1 1 しか配設しない場合よりも、非磁性層パターン 1 0 の配設領域に対応する領域において、上部ポールチップ 1 2 a c から記録ギャップ層 1 1 を通過して下部磁極 9 へ磁束が伝搬することを抑制することができる。特に、非磁性層パターン 1 0 の最前端がポールチップ部 1 2 a の先端部 1 2 a (1) （またはポールチップ部 1 2 c の先端部 1 2 c (1) ）の延在領域内に位置することにより、上部ポールチップ 1 2 a c のほぼ全領域において「磁束の漏れ」を抑制することができる。したがって、上部ポールチップ 1 2 a c 内の磁束の伝搬過程において、「磁束の漏れ」に起因する磁束の伝搬ロスを回避することができる。この点もまた、優れたオーバーライト特性の確保に寄与することとなる。なお、非磁性層パターン 1 0 は、上部ポールチップ 1 2 a c から下部磁極 9 へ磁束が伝搬することを抑制すると同時に、下部磁極 9 から上部ポールチップ 1 2 a c へ磁束が伝搬することをも抑制することができる。

## 【 0 1 0 7 】

また、本実施の形態では、ポールチップ部 1 2 a を構成する先端部 1 2 a (1) , 中間部 1 2 a (2) , 後端部 1 2 a (3) のそれぞれの幅  $W_1$  ,  $W_2$  ,  $W_3$  が  $W_1 < W_2 < W_3$  の関係となるようにしたので、上記の各部位の磁気ボリュームをそれぞれ  $V_1$  ,  $V_2$  ,  $V_3$  とすると、各部位間の磁気ボリュームの関係もまた  $V_1 < V_2 < V_3$  となる。このため、ポールチップ部 1 2 a に流入した磁束は、後端部 1 2 a (3) から中間部 1 2 a (2) を経由して先端部 1 2 a (1) まで伝搬する過程において、磁気ボリュームの段階的な減少に応じて段階的に集束され、先端部 1 2 a (1) には十分な量の磁束が供給される。このように、ポールチップ部 1 2 a を構成する各部位の磁気ボリュームを適正化することにより、磁束の伝搬過程における磁束の飽和現象が回避される。この点もまた、優れたオーバーライト特性の確保に寄与する。なお、上記した磁気ボリュームの段階的減少に基づく効果は、ポールチップ部 1 2 c についても同様である。

## 【 0 1 0 8 】

また、本実施の形態では、非磁性層パターン 1 0 の前端縁部近傍が斜面をなすようにしたので、この斜面部の上方領域における上部ポールチップ 1 2 a c 内の磁束の流れを円滑化することができる。

## 【 0 1 0 9 】

また、本実施の形態では、上部ヨーク 1 2 e の最前端の位置が、エアベアリング面 8 0 の位置よりも後退するようにしたので、上部ヨーク 1 2 e からエアベアリング面 9 0 側に対して磁束が直接放出されることを回避することができる。このため、サイドイレース現象の発生を防止することができる。

## 【 0 1 1 0 】

## ＜第 1 の実施の形態に関する変形例＞

なお、本実施の形態では、ポールチップ前駆層 1 1 2 (ポールチップ部 1 2 c ) およびポールチップ部 1 2 a の双方の形成材料として、共に 1 . 5 テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料 (例えば、窒化鉄、鉄ニッケルコバルト合金等) を用いるようにしている。ここで、上記のそれぞれの部位を形成するために用いる磁性材料の磁束密度は自由に設定することが可能である。具体的には、例え

ば、それぞれの部位の形成材料として、互いに等しい磁束密度を有する２種類の磁性材料を用いるようにしてもよいし、または互いに異なる磁束密度を有する２種類の磁性材料を用いるようにしてもよい。いずれの場合においても、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。ただし、互いに異なる磁束密度を有する磁性材料を用いる場合には、例えば、以下のような理由により、ポールチップ前駆層 1 1 2 を構成する磁性材料の磁束密度が、ポールチップ部 1 2 a を構成する磁性材料の磁束密度よりも大きくなるようにするのが好ましい。すなわち、薄膜磁気ヘッドの動作（例えば情報の記録等）は、主に、上部ポールチップ 1 2 a c のうち、記録ギャップ層 1 1 に近い側の領域を伝搬する磁束の作用に依存するところが多い。このため、互いに異なる磁束密度を有する２種類の磁性材料を用いる場合には、上部ポールチップ 1 2 a c の上層領域（ポールチップ部 1 2 a）よりも下層領域（ポールチップ部 1 2 c）において磁束密度が大きくなるように磁束の分布状態（以下、「磁束密度プロファイル」ともいう。）を構築することが好ましいのである。ただし、必要に応じて、上部ポールチップ 1 2 a c の磁束密度プロファイルを自由に調整することも可能である。

#### 【 0 1 1 1 】

また、本実施の形態では、下部磁極 9、ポールチップ部 1 2 c および上部ヨーク 1 2 e 等の形成方法として、スパッタリングによって所定の磁性材層を形成したのち、その磁性材層をエッチング処理によってパターンニングする手法を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、上記に各部位をフレームめっき法によって形成するようにしてもよい。ただし、ポールチップ前駆層 1 1 2 の組成を適正に制御し、最終的に形成されるポールチップ部 1 2 c の内部における磁束の伝搬性を良好に確保しようとするならば、ポールチップ部 1 2 c の形成材料として、上記実施の形態において説明したような手法を用いるようにするのが好適である。

#### 【 0 1 1 2 】

また、本実施の形態では、ポールチップ部 1 2 a の形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム

鉄窒化物合金などの他のアモルファス合金を用いるようにしてもよい。なお、ポールチップ部 1 2 a の形成方法としては、上記したフレームめっき法に限らず、下部磁極 9 等を形成した場合と同様にスパッタリングおよびエッチング処理を用いるようにしてもよい。ただし、ポールチップ前駆層 1 1 2 のパターニング時においてマスクとして機能するポールチップ部 1 2 a の膜減り量を抑制するならば、上記実施の形態において説明したように、ポールチップ部 1 2 a の形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いるようにするのが好適である。

#### 【 0 1 1 3 】

また、本実施の形態では、下部シールド層 3 および上部シールド層 7 の形成方法として電解めっき法を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、双方またはいずれか一方の部位の形成方法として、ポールチップ部 1 2 c 等を形成する場合と同様の手法、すなわちスパッタリングおよびエッチング処理を用いるようにしてもよい。このような場合における上記の各部位の形成材料としては、上記したパーマロイの他、窒化鉄やアモルファス合金（コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金、ジルコニウム鉄窒化物）等を用いるようにしてもよい。ポールチップ部 1 2 c 等の場合と同様の手法を用いることにより、上記の各部位を高精度かつ短時間で形成することができ、この点でも薄膜磁気ヘッド全体の製造時間の短縮に寄与することとなる。

#### 【 0 1 1 4 】

また、本実施の形態では、図 1 1 に示したように、磁極部分 1 0 0 を形成する際の R I E によるエッチング処理により、上部ポールチップ 1 2 a c の周辺領域における非磁性層パターン 1 0 の一部のみを除去するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、図 1 4 に示したように、エッチング条件を調整することにより、上部ポールチップ 1 2 a c の周辺領域における非磁性層パターン 1 0 を除去し、下部磁極 9 が露出するようにしてもよい。このような場合において、最終的に形成される薄膜磁気ヘッドの構造は、図 1 5 に示した通りである。図 1 5 は、図 8 に対応するものである。図 1 5 に示したように、下部磁極 9 が露出するまでエッチング処理を行った場合において、薄膜コイル 1 4 の配設領域における下地の表面の位置は、図 8 に示した場合における下地の表面の位置

よりもより低くなる。このため、上記したように、薄膜コイル 1 4 の配設領域における下地の表面の位置の低下にともない、ポールチップ部 1 2 a の膜厚をより薄くすることが可能となる。したがって、ポールチップ部 1 2 a の形成をより安定化することができる。

## 【 0 1 1 5 】

また、本実施の形態では、絶縁膜 1 5 の形成材料としてフォトレジストを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、上記したフォトレジストの他、例えば、フォトレジストと同様に加熱時に流動性を示すポリイミド樹脂や S O G ( Spin on glass ) などを用いるようにしてもよい。

## 【 0 1 1 6 】

また、本実施の形態では、記録ギャップ層 1 1 の形成材料としてアルミナを用い、またその形成手法としてスパッタリングを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。記録ギャップ層 1 1 の形成材料としては、アルミナの他、例えば窒化アルミニウム ( A l N ) 、シリコン酸化物、シリコン窒化物などの無機絶縁材料を用いるようにしてもよいし、またはタンタル ( T a ) , チタングステン ( W T i ) , 窒化チタン ( T i N ) などの非磁性金属を用いるようにしてもよい。また、記録ギャップ層 1 1 の形成方法としては、スパッタリングの他、C V D ( Chemical Vapor Deposition ) 法を用いるようにしてもよい。このような方法を用いて記録ギャップ層 1 1 を形成することにより、ギャップ層内にピンホールなどが含有されることを抑制できるので、記録ギャップ層 1 1 を介する磁束の漏れを回避することができる。このような効果は、特に、記録ギャップ層 1 1 の厚みを薄くした場合に有益である。

## 【 0 1 1 7 】

また、本実施の形態では、図 1 2 に示したように、非磁性層パターン 1 0 の最前端が、ポールチップ部 1 2 c における先端部 1 2 c ( 1 ) の延在領域内に位置するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、その最前端の位置は自由に変更可能である。例えば、図 1 6 に示したように、非磁性層パターン 1 0 の最前端が、ポールチップ部 1 2 c における後端部 1 2 c ( 3 ) の延在領域内に位置するようにしてもよい。このような場合には、特に、非磁性層パターン 1 0 の最



前端の位置が、上部ヨーク 1 2 e の最前端の位置とほぼ一致するか、あるいはその位置よりも前方に位置するようにするのが好適である。なぜなら、ポールチップ部 1 2 a と上部ヨーク 1 2 e とが接触する接触面 1 2 m に対応する領域では、上部ヨーク 1 2 e から上部ポールチップ 1 2 a c に向かって下向きに磁束が流れ、特に「磁束の漏れ」が生じやすいからである。接触面 1 2 m に対応する領域を含むように非磁性層パターン 1 0 を延在させることにより、接触面 1 2 m に対応する領域における「磁束の漏れ」を抑制することができる。なお、図 1 6 において、上記の点以外の構造は、図 1 2 に示した場合とほぼ同様である。

#### 【 0 1 1 8 】

また、本実施の形態では、図 8 に示したように、下部磁極 9 に非磁性層パターン 1 0 を形成したのち、下部磁極 9 および非磁性層パターン 1 0 の双方を覆うように記録ギャップ層 1 1 を形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、図 1 7 に示したように、下部磁極 9 上に記録ギャップ層 1 1 を形成したのち、この記録ギャップ層 1 1 に非磁性層パターン 1 0 を形成するようにしてもよい。このような場合においても、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。なお、図 1 7 では、磁極部分 1 0 0 を形成する際の R I E によるエッチング処理により、上部ポールチップ 1 2 a c の周辺領域における非磁性層パターン 1 0 を除去し、記録ギャップ層 1 1 を露出させた場合を表している。図 1 7 において、上記の点以外の構造は、図 8 に示した場合とほぼ同様である。

#### 【 0 1 1 9 】

また、本実施の形態では、上部ヨーク ( 1 2 e ) が窒化鉄の単層構造からなる場合 ( 図 8 参照 ) について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば図 1 8 に示したように、上部ヨークが、例えば窒化鉄などの高飽和磁束密度材層 9 1 と、例えばアルミナなどの無機絶縁材層 9 2 とが交互に積層された構造よりなる ( 2 1 2 e ) ようにしてもよい。上部ヨークをこのような構造とすることにより、磁路における渦電流の発生を防止し、高周波特性を向上させることができる。なお、上記の高飽和磁束密度材層 9 1 および無機絶縁材層 9 2 の双方の形成も R I E によって行うことにより、形成時間を短縮することができる。な

お、図 1 8 において、上部ヨーク 2 1 2 e 以外の部分は、上記の図 8 の場合と同様である。

#### 【0 1 2 0】

また、本実施の形態では、薄膜コイル 1 4 の内側の終端部にコイル接続部 1 4 s を配設するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、薄膜コイル 1 4 の外側の終端部にコイル接続部 1 4 s を配設するようにしてもよい。このような場合においても、コイル接続部 1 4 s と接続されるようにコイル接続配線 1 4 e h を配設することにより、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。

#### 【0 1 2 1】

#### 〔第 2 の実施の形態〕

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。

#### 【0 1 2 2】

まず、図 1 9 ～図 2 7 を参照して、本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。図 1 9 ～図 2 4 において、(A) はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(B) は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図 2 5 ～図 2 7 は、主要な製造工程に対応する斜視図である。ここで、図 2 5 は図 2 0 に示した状態に対応し、図 2 6 は図 2 1 に示した状態に対応し、図 2 7 は図 2 4 に示した状態に対応する。ただし、図 2 6 では、図 2 1 における絶縁膜 2 4 等の図示を省略し、図 2 7 では、図 2 4 における薄膜コイル 2 5、絶縁膜 2 6、2 7 およびオーバーコート層 2 8 等の図示を省略している。なお、図 1 9 ～図 2 7 において、各図中の X、Y、Z 軸方向に関する表記は、上記第 1 の実施の形態の場合と同様とし、また各図中の上記第 1 の実施の形態における構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。

#### 【0 1 2 3】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法において、図 1 9 における記録ギャップ層 1 1 を形成するところまでの工程は、上記第 1 の実施の形態における図 2 に示した同工程までと同様であるので、その説明を省略する。

## 【 0 1 2 4 】

本実施の形態では、記録ギャップ層 1 1 を形成したのち、非磁性層パターン 1 0 の上方における平坦な記録ギャップ層 1 1 上に、高精度のフォトリソグラフィ処理を用いて、加熱時に流動性を示す材料、例えばフォトレジストなどの有機絶縁材料を約 0. 5 ~ 1. 0  $\mu$  m の厚みで形成する。次に、このフォトレジスト膜に対して、例えば 2 0 0 ° C ~ 2 5 0 ° C の範囲内における温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、図 1 9 に示したように、非磁性層パターン 2 1 が形成される。非磁性層パターン 2 1 の端縁部近傍は、その端縁部に近づくにつれて落ち込むような丸みを帯びた斜面をなすようになる。非磁性層パターン 2 1 を形成する際には、例えば、その最前端の位置が非磁性層パターン 1 0 の最前端の位置よりも後退するようにし、非磁性層パターン 1 0 と非磁性層パターン 2 1 とにより段差が形成されるようにする。ここで、非磁性層パターン 2 1 が、本発明における「第 2 の非磁性層パターン」の一具体例に対応する。

## 【 0 1 2 5 】

次に、図 1 9 に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、1. 5 テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄よりなるポールチップ前駆層 1 2 2 を約 0. 8 ~ 2. 0  $\mu$  m の厚みで形成する。なお、ポールチップ前駆層 1 2 2 の形成材料としては、上記第 1 の実施の形態におけるポールチップ前駆層 1 1 2 の場合と同様に、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に 1. 5 テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料であるコバルト鉄合金 ( F e C o ) 、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金 ( F e C o Z r O ) またはジルコニウム鉄窒化物合金 ( F e Z r N ) などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。ここで、ポールチップ前駆層 1 2 2 が、本発明における「磁性材層」の一具体例に対応する。

## 【 0 1 2 6 】

次に、図 2 0 に示したように、例えば CMP 法により、ポールチップ前駆層 1 2 2 の表面を研磨して平坦化する。このときの研磨処理は、例えば、非磁性層パターン 1 0 の配設領域よりも前側の領域におけるポールチップ前駆層 1 2 2 の膜厚が約 0. 5 ~ 1. 5  $\mu$  m 程度になるまで行う。

## 【 0 1 2 7 】

次に、図 2 0 および図 2 5 に示したように、ポールチップ前駆層 1 2 2 上に、例えばフレームめっき法により、鉄 (Fe)、コバルト (Co) およびニッケル (Ni) を含み、1.5 以上の高い飽和磁束密度を有する磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金 (CoNiFe; Co: 45 重量%, Ni: 30 重量%, Fe: 25 重量%) よりなるポールチップ部 2 2 a を約 1.5 ~ 2.5  $\mu$ m の厚みで選択的に形成する。ポールチップ部 1 2 a を形成する際には、同時に、ポールチップ前駆層 1 2 2 上に磁路接続部 2 2 b (図 2 5 では図示せず) を選択的に形成する。ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれは、上部磁極 2 2 の一部を構成するものである。ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のポールチップ前駆層 1 2 2 上における配設位置、形成方法および構造的特徴等は、上記第 1 の実施の形態におけるポールチップ部 1 2 a および磁路接続部 1 2 b の場合とほぼ同様である。ポールチップ部 2 2 a は、例えば、後述する図 2 8 に示したように、先端部 2 2 a (1)、中間部 2 2 a (2) および後端部 2 2 a (3) を含むものである。ここで、ポールチップ部 2 2 a が、本発明における「第 1 の磁性膜」の一具体例に対応する。

## 【 0 1 2 8 】

次に、ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b の双方をマスクとして、例えば R I E により、全体にエッチング処理を施す。R I E によるエッチング処理を施す際には、上記第 1 の実施の形態においてポールチップ部 1 2 c 等および磁極部分 1 0 0 を形成した場合と同様に、エッチング条件 (エッチングガスのガス種および加工温度等) を調整するようにする。特に、本実施の形態では、例えば、磁極部分 1 0 0 を形成するためのエッチング処理により、ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれの配設領域以外の部分が一様に掘り下げられるようにエッチング条件を調整する。このエッチング処理により、図 2 1 および図 2 6 に示したように、ポールチップ前駆層 1 2 2 のうち、ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれの配設領域以外の領域における非磁性層パターン 2 1、記録ギャップ層 1 1、非磁性層パターン 1 0 および下部磁極 9 のそれぞれの一部が除去され、上部磁極 2 2 の一部を構成するポールチップ部 2

2 c および磁路接続部 2 2 d が形成される。また、上記のエッチング処理により、トリム構造を有する磁極部分 2 0 0 が形成される。ポールチップ部 2 2 c 等を形成するためのエッチング処理により、マスク自体、すなわちポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれ自体もエッチングされ、その膜厚は減少することとなる。

## 【 0 1 2 9 】

ポールチップ部 2 2 c および磁路接続部 2 2 d は、ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれとほぼ同様の構造的特徴を有するものである（図 2 8 参照）。ポールチップ部 2 2 c は、先端部 2 2 c (1)、中間部 2 2 c (2) および後端部 2 2 c (3) を含んでいる。ポールチップ部 2 2 c および磁路接続部 2 2 d の双方は 1. 5 テスラ以上の高い飽和磁束密度を有する磁性材料（窒化鉄）よりなるものである。以下では、ポールチップ部 2 2 a およびポールチップ部 2 2 c を総称して、単に「上部ポールチップ 2 2 a c」ともいう。

## 【 0 1 3 0 】

上部ポールチップ 2 2 a c は、上記第 1 の実施の形態における上部ポールチップ 1 2 a c の場合と同様に、ポールチップ部 2 2 a およびポールチップ部 2 2 c のそれぞれの形成工程を経て、双方の部位の集合体として形成される。ここで、ポールチップ部 2 2 c が、本発明における「第 2 の磁性膜」の一具体例に対応する。また、ポールチップ 2 2 a 部の先端部 2 2 a (1) およびポールチップ部 2 2 c の先端部 2 2 c (1) が、本発明における「一定幅部分」の一具体例に対応し、ポールチップ部 2 2 a およびポールチップ部 2 2 c が、本発明における「所定の磁性層部分」の一具体例に対応する。

## 【 0 1 3 1 】

次に、図 2 1 に示したように、全体を覆うように、例えばアルミナよりなる絶縁膜 2 3 を約 0. 3 ~ 0. 5  $\mu$  m の厚みで形成する。

## 【 0 1 3 2 】

次に、図 2 2 に示したように、上部ポールチップ 2 2 a c の配設領域よりも後方の領域（磁路接続部 2 2 b, 2 2 d の配設領域を除く）における平坦な絶縁膜 2 3 上に、例えば電解めっき法により、例えば銅 (C u) よりなる誘導型の記録

ヘッド用の薄膜コイル 2 4 を約 1. 0 ~ 1. 5  $\mu$  m の厚みで選択的に形成する。この薄膜コイル 2 4 は、例えば、上記第 1 の実施の形態における薄膜コイル 1 4 とほぼ同様の構造的特徴と有するものである。薄膜コイル 2 4 を形成する際には、同時に、例えば、その内側の終端部における絶縁膜 2 3 上に、コイル接続部 2 4 s を薄膜コイル 2 4 と一体に形成する。このコイル接続部 2 4 s は、薄膜コイル 2 4 と後工程において形成されるコイル接続配線 2 2 e h (図 2 3 参照) とを電氣的に接続させるためのものである。

## 【 0 1 3 3 】

次に、図 2 2 に示したように、薄膜コイル 2 4 等の各巻線間を絶縁化するための絶縁膜 2 5 を形成する。絶縁膜 2 5 の形成材料、形成方法および構造的特徴等は、上記第 1 の実施の形態において絶縁膜 1 5 を形成した場合とほぼ同様である。

## 【 0 1 3 4 】

次に、図 2 2 に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、絶縁材料、例えばアルミナ層 2 6 p を約 3. 0 ~ 4. 0  $\mu$  m の厚みで形成して、上部ポールチップ 2 2 a c、磁路接続部 2 2 b, 2 2 d、薄膜コイル 2 4 およびコイル接続部 2 4 s 等によって構成された凹凸構造領域を埋設する。

## 【 0 1 3 5 】

次に、図 2 3 に示したように、例えば CMP 法により、アルミナ層 2 6 p の表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、薄膜コイル 2 4 等を埋設する絶縁膜 2 6 が形成される。このときの研磨処理は、少なくとも上部ポールチップ 2 2 a c および磁路接続部 2 2 b が露出するまで行う。

## 【 0 1 3 6 】

次に、図 2 3 に示したように、例えば R I E またはイオンミリングにより、コイル接続部 2 4 s の上方を覆っている絶縁膜 2 6 を部分的にエッチングして、コイル接続部 2 4 s と後工程において形成されるコイル接続配線 2 2 e h とを接続させるための開口部 2 6 k を形成する。

## 【 0 1 3 7 】

次に、図 2 3 に示したように、平坦化された領域のうち、磁路接続部 2 2 b の

上方からポールチップ部 2 2 a の後端部 2 2 a (3) の上方にかけての領域に、上部磁極 2 2 の一部を構成する上部ヨーク 2 2 e を約 2 . 0 ~ 3 . 0  $\mu$  m の厚みで選択的に形成する。上部ヨーク 2 2 e を形成する際には、同時に、コイル接続部 2 4 s の上方から図示しない外部回路にかけての領域にコイル接続配線 2 2 e h を形成する。上部ヨーク 2 2 e およびコイル接続配線 2 2 e h の形成材料、形成方法および構造的特徴等は、例えば、上記第 1 の実施の形態における上部ヨーク 1 2 e およびコイル接続配線 1 2 e h の場合とほぼ同様である。この上部ヨーク 2 2 e は、例えば、後述する図 2 8 に示したような平面形状を有するものである。ここで、上部ポールチップ 2 2 a c、磁路接続部 2 2 b、2 2 d および上部ヨーク 2 2 e によって構成される上部磁極 2 2 が、本発明における「第 1 の磁性層」の一具体例に対応する。

## 【 0 1 3 8 】

次に、図 2 3 に示したように、全体を覆うように、絶縁材料、例えばアルミナなどの無機絶縁材料よりなるオーバーコート層 2 7 を約 2 0 ~ 4 0  $\mu$  m の厚みで形成する。

## 【 0 1 3 9 】

最後に、図 2 4 に示したように、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面 8 0 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。このときの接続部 2 2 e (2) 周辺における立体構造は、図 2 7 に示したようになる。

## 【 0 1 4 0 】

図 2 8 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。図 2 8 において、上記第 1 の実施の形態における図 1 3 に示した構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。なお、図 2 8 では、絶縁膜 2 3、2 5、2 6 およびオーバーコート層 2 7 等の図示を省略している。また、薄膜コイル 2 4 については、その最外周部分のみを図示している。図 2 4 (A) は、図 2 8 における XXIVA-XXIVA 線に沿った矢視断面に相当する。

## 【 0 1 4 1 】

図 2 8 に示したように、上部磁極 2 2 は、例えば、それぞれ別個に形成された上部ポールチップ 2 2 a c、磁路接続部 2 2 b、2 2 d およびおよび上部ヨーク 2 2 e によって構成されている。上部磁極 2 2 を構成する上記の各部位は、上記第 1 の実施の形態における上部磁極 1 2 を構成する各部位（上部ポールチップ 1 2 a c、磁路接続部 1 2 b、1 2 d およびおよび上部ヨーク 1 2 e）とほぼ同様の構造的特徴を有するものである。上部ヨーク 2 2 e は、ヨーク部 2 2 e (1) および接続部 2 2 e (2) を含んでいる。ポールチップ部 2 2 a は、先端部 2 2 a (1)、中間部 2 2 a (2) および後端部 2 2 a (3) を含み、ポールチップ 2 2 c は、先端部 2 2 c (1)、中間部 2 2 a (2) および後端部 2 2 a (3) を含んでいる。

## 【 0 1 4 2 】

図 2 4 (A)、図 2 7 および図 2 8 に示したように、上部ポールチップ 2 2 a c は、記録ギャップ層 1 1 の下段領域上から、非磁性層パターン 1 0 の上方における上段領域上を経由して、非磁性層パターン 2 1 の斜面部上にかけて延在している。上部ヨーク 2 2 e は、開口部 1 0 k において磁路接続部 2 2 b、2 2 d を介して下部磁極 9 と磁氣的に連結されると共に、ポールチップ部 2 2 a を介してポールチップ部 2 2 c と磁氣的に連結されている。すなわち、上部磁極 2 2 （ポールチップ部 2 2 a、2 2 c、磁路接続部 2 2 b、2 2 d、上部ヨーク 2 2 e）と下部磁極 9 とが接続されることにより磁路が形成されている。

## 【 0 1 4 3 】

図 2 8 に示したように、薄膜コイル 2 4 およびコイル接続部 2 4 s は、上記第 1 の実施の形態における薄膜コイル 1 4 およびコイル接続部 1 4 s と同様の構造的特徴を有するものである。薄膜コイル 2 4 は、開口部 2 6 k においてコイル接続部 2 4 s を介してコイル接続配線 2 2 e h と電氣的に接続されている。薄膜コイル 2 4 の外側の終端部 2 4 x とコイル接続配線 2 2 e h の後方の一部（図示せず）とは図示しない外部回路に接続されており、この外部回路を通じて薄膜コイル 2 4 を通電させることができるようになっている。

## 【 0 1 4 4 】

図 2 4 (A)、図 2 7 および図 2 8 に示したように、非磁性層パターン 2 1 は、その最前端が、例えばポールチップ部 2 2 a の先端部 2 2 a (1)（またはポー



ルチップ部 2 2 c の先端部 2 2 c (1) ) の延在領域内に位置するようになっている。非磁性層パターン 2 1 の最前端の位置は、例えば、非磁性層パターン 1 0 の最前端の位置よりも後退している。

## 【 0 1 4 5 】

なお、図 2 8 に示した上記以外の配設物に関する構造的特徴は、上記第 1 の実施の形態の場合（図 1 3 参照）と同様である。

## 【 0 1 4 6 】

本実施の形態では、図 2 4 に示したように、非磁性層パターン 1 0 の上方における記録ギャップ層 1 1 上に隣接するように、例えばフォトレジストなどの非磁性材料よりなる非磁性層パターン 2 1 を配設している。この非磁性層パターン 2 1 は、非磁性層パターン 1 0 と同様に、磁束の遮蔽材として機能するものである。非磁性層パターン 1 0 と共に非磁性層パターン 2 1 を配設することにより、非磁性層パターン 1 0 のみを配設した場合よりも、「磁束の漏れ」をより抑制することができる。しかも、本実施の形態では、非磁性層パターン 2 1 の最前端が、ポールチップ部 2 2 c における先端部 2 2 c (1) の延在領域内に位置するようにしたので、非磁性層パターン 1 0 の場合と同様の作用により、上部ポールチップ 2 2 a c のほぼ全領域における「磁束の漏れ」に起因する磁束の伝搬ロスをより低減させることができる。したがって、より優れたオーバーライト特性を確保することが可能となる。

## 【 0 1 4 7 】

また、本実施の形態では、磁極部分 2 0 0 を形成するためのエッチング処理を行う際に、上部ポールチップ 2 2 a c の配設領域以外の領域（磁路接続部 2 2 b の配設領域を除く）を一様にエッチングして下部磁極 9 の途中まで掘り下げるようにしたので、上記第 1 の実施の形態の場合（図 8，図 1 5 参照）よりも、薄膜コイル 2 4 の配設領域における下地（絶縁膜 2 3）の表面の位置をより低くすることができる。このため、上記第 1 の実施の形態において説明した場合と同様の作用により、ポールチップ部 2 2 a の膜厚をさらに薄くすること（約 1. 0 ～ 2. 0  $\mu\text{m}$ ）ができるので、上部ポールチップ 2 2 a c の形成をより安定化することができる。

## 【 0 1 4 8 】

また、本実施の形態では、非磁性層パターン 2 1 の最前端の位置が非磁性層パターン 1 0 の最前端の位置（すなわち T H 0 位置）よりも後退するようにし、両者により段差部分が形成されるようにしたので、上部ポールチップ 2 2 a c に流入した磁束は、上記の段差部分に沿って伝搬しながら段階的に集束される。このため、上部ポールチップ 2 2 a c 内の磁束の流れを円滑化することができる。

## 【 0 1 4 9 】

また、本実施の形態では、非磁性層パターン 2 1 の前端縁部近傍が斜面をなすようにしたので、非磁性層パターン 1 0 の場合と同様の作用により、非磁性層パターン 2 1 の斜面部の上方領域における上部ポールチップ 2 2 a c 内の磁束の流れを円滑化することができる。

## 【 0 1 5 0 】

なお、本実施の形態では、図 2 7 に示したように、非磁性層パターン 2 1 の最前端が、ポールチップ部 2 2 c における先端部 2 2 c (1) の延在領域内に位置するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、上記第 1 の実施の形態において説明した非磁性層パターン 1 0 の配設位置を変更する場合（図 1 6 参照）と同様に、非磁性層パターン 2 1 の配設位置を変更するようにしてもよい。

## 【 0 1 5 1 】

なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する上記以外の作用、効果および変形例等は、上記第 1 の実施の形態の場合と同様であるので、その説明を省略する。

## 【 0 1 5 2 】

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、上記の各実施の形態では、2 層構造よりなる上部ポールチップを形成する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、3 層以上の多層構造よりなる上部ポールチップを形成するようにしてもよい。このような場合においても、上記各実施の形態の場合と同様の効果を得ることができる。なお、上部ポールチップを構成

する各部位の形成材料として、互いに異なる磁束密度を有する複数の磁性材料を用いる場合には、上記したように、上部ポールチップの上層部から下層部に向かって磁束密度が大きくなるように磁束密度プロファイル进行调整するようにするのが好ましい。もちろん、上部ポールチップの磁束密度プロファイルを自由に調整することも可能である。

#### 【 0 1 5 3 】

また、上記の各実施の形態では、上部ポールチップの下層部分を構成するポールチップ部を形成するためのポールチップ前駆層を形成したのち、このポールチップ前駆層の表面を研磨して平坦化するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、ポールチップ前駆層の形成領域における下地があらかじめ平坦である場合には、上記の研磨処理を省略するようにしてもよい。

#### 【 0 1 5 4 】

また、上記の各実施の形態で示した上部磁極を構成する各磁性層部分（上部ポールチップ、上部ヨーク等）の平面形状は、必ずしも図 1 3 および図 2 8 に示したものに限られるものではなく、各磁性層部分の磁気ボリュームを適正化し、薄膜コイルで発生した磁束を先端部の先端部分まで十分に供給し得る限り、自由に変更することが可能である。

#### 【 0 1 5 5 】

また、例えば、上記各実施の形態およびその変形例では、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明したが、本発明は、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや記録・再生兼用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。また、本発明は、書き込み用の素子と読み出し用の素子の積層順序を逆転させた構造の薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

#### 【 0 1 5 6 】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 ないし請求項 1 2 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドによれば、所定の磁性層部分がギャップ層に対して遠い側から順に配設された第 1 の磁性膜および第 2 の磁性膜を含み、第 1 の磁性膜および第 2 の磁

性膜が共に 1. 5 テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料よりなるようにしたので、記録トラック幅を規定する一定幅部分が極微小化されたとしても、記録媒体対向面側まで十分な磁束を導くことができる。したがって、優れたオーバーライト特性を確保することができるという効果を奏する。

## 【 0 1 5 7 】

特に、請求項 8 記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第 2 の磁性層と第 2 の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が記録媒体対向面の手前の所定の位置で終端するように延在する第 1 の非磁性層パターンが配設されるようにしたので、この第 1 の非磁性層パターンの存在により、第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間の磁束の漏れを抑制し、磁束の伝搬ロスを低減することができるという効果を奏する。

## 【 0 1 5 8 】

また、請求項 9 記載の薄膜磁気ヘッドによれば、さらに、第 1 の非磁性層パターンと第 2 の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が第 1 の非磁性層パターンの前端よりも後方の位置で終端するように延在する第 2 の非磁性層パターンが配設されるようにしたので、この第 2 の非磁性層パターンの存在により、第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間の磁束の漏れをさらに抑制できると共に、磁束の流れをより円滑にすることができるという効果を奏する。

## 【 0 1 5 9 】

また、請求項 1 1 記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第 1 の非磁性層パターンの前端近傍および第 2 の非磁性層パターンの前端近傍が第 2 の磁性層の平坦な表面に対して傾斜するようにしたので、第 1 の非磁性層パターンおよび第 2 の非磁性層パターンのそれぞれの上方における所定の磁性層部分内の磁束の流れをより円滑にすることができるという効果を奏する。

## 【 0 1 6 0 】

また、請求項 1 2 記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第 1 の非磁性層パターンの前端が所定の磁性層部分における一定幅部分の延在領域内に位置するようにしたので、所定の磁性層部分のほぼ全領域において磁束の漏れを抑制することができるという効果を奏する。

## 【 0 1 6 1 】

請求項 1 3 ないし請求項 2 3 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁性材層を形成する工程と、この磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第 1 の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第 1 の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングすることにより所定の磁性層部分の一部をなす第 2 の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程とを含むようにしたので、磁性材層をパターンニングするためのマスクを新たに形成する工程が不要となる。したがって、薄膜磁気ヘッドの製造に要する製造工程数を削減し、製造時間を短縮することができる。

## 【 0 1 6 2 】

特に、請求項 1 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁性材層をスパッタリングにより形成し、第 1 の磁性膜をめっき膜の成長により形成するようにしたので、磁性材層の形成材料の組成を適正に制御することができるという効果を奏する。

## 【 0 1 6 3 】

また、請求項 2 0 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、エッチング工程を反応性イオンエッチングにより行うようにしたので、第 2 の磁性膜を高精度かつ短時間で形成することができるという効果を奏する。

## 【 0 1 6 4 】

また、請求項 2 2 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、5 0 ° C ないし 3 0 0 ° C の範囲内の温度下においてエッチング工程を行うようにしたので、エッチング処理に要する時間を短縮することができるという効果を奏する。

## 【 0 1 6 5 】

また、請求項 2 3 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、エッチング工程において、さらに、ギャップ層および第 2 の磁性層のうち、所定の磁性層部分における一定幅部分の形成領域以外の領域を選択的に除去するようにしたので、ギャップ層および第 2 の磁性層を高精度かつ短時間で加工することができるという効果を奏する。

## 【 0 1 6 6 】

請求項 2 4、請求項 2 5 または請求項 2 6 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁性材層を形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に第 1 の磁性膜を形成する工程とを含むようにしたので、第 1 の磁性膜の形成が平坦な下地上で行われる。このため、露光処理時における不具合等を抑制し、第 1 の磁性膜を高精度に形成することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 2】

図 1 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 3】

図 2 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 4】

図 3 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 5】

図 4 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 6】

図 5 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 7】

図 6 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 8】

図 7 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 9】

図 3 に続く工程を説明するための斜視図である。

【図 1 0】

図 4 に続く工程を説明するための斜視図である。

【図 1 1】

図 5 に続く工程を説明するための斜視図である。

【図 1 2】

図 8 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 1 3】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

【図 1 4】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する変形例を表す斜視図である。

【図 1 5】

図 1 4 に示した斜視図に対応する断面図である。

【図 1 6】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する変形例を表す斜視図である。

【図 1 7】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する他の変形例を表す断面図である。

【図 1 8】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの上部ヨークの変形例を表す断面図である。

【図 1 9】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 2 0】

図 1 9 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 2 1】

図 2 0 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 2 2】

図 2 1 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 2 3】

図 2 2 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 2 4】

図 2 3 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 2 5】

図 2 0 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 2 6】

図 2 1 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 2 7】

図 2 4 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 2 8】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

【図 2 9】

従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一工程を説明するための断面図である。

【図 3 0】

図 2 9 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 3 1】

図 3 0 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 3 2】

従来の薄膜磁気ヘッドの要部構造を表す断面図である。

【図 3 3】

図 3 2 に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

【図 3 4】

従来の薄膜磁気ヘッドの構造を示す平面図である。

【符号の説明】

1 …基板、2 …絶縁層、3 …下部シールド層、4, 6 …シールドギャップ膜、  
5 …MR膜、7 …上部シールド層、8, 13, 15, 16, 23, 25, 26 …



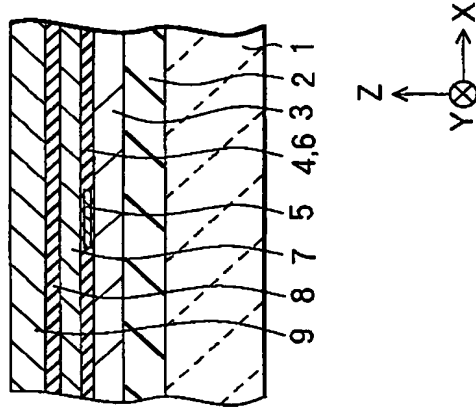
絶縁膜、9…下部磁極、10, 21…非磁性層パターン、11…記録ギャップ層、12, 22…上部磁極、12a, 12c, 22a, 22c…ポールチップ部、12a(1), 12c(1), 22a(1), 22c(1)…先端部、12a(2), 12c(2), 22a(2), 22c(2)…中間部、12a(3), 12c(3), 22a(3), 22c(3)…後端部、12ac, 22ac…上部ポールチップ、12b, 12d, 22b, 22d…磁路接続部、14, 24…薄膜コイル、16p, 26p…アルミナ層、12e, 22e, 212e…上部ヨーク、12e(1), 22e(1)…ヨーク部、12e(2), 22e(2)…接続部、12eh, 22eh…コイル接続配線、17, 27…オーバーコート層、80…エアベアリング面、91…高飽和磁束密度材層、92…無機絶縁材層92、100, 200…磁極部分、112, 122…ポールチップ前駆層、TH…スロートハイト、MRH…MRハイト。

【書類名】

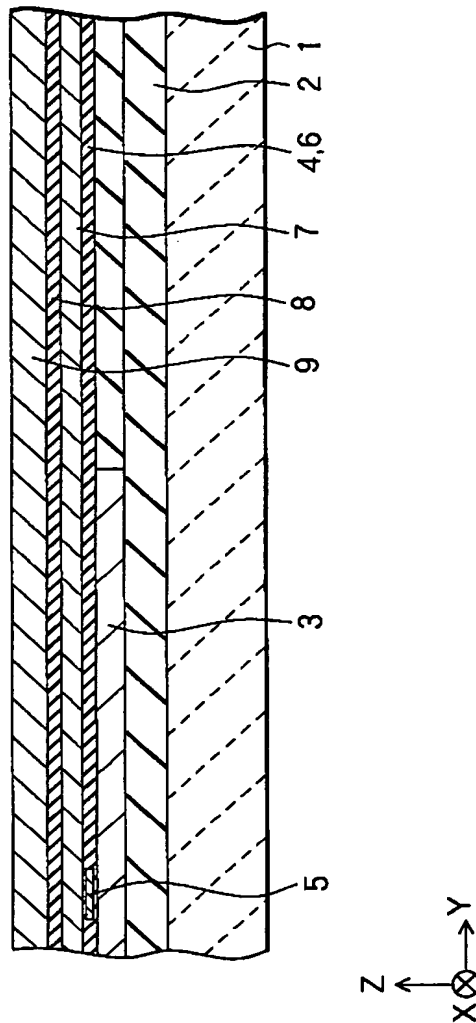
図面

【図 1】

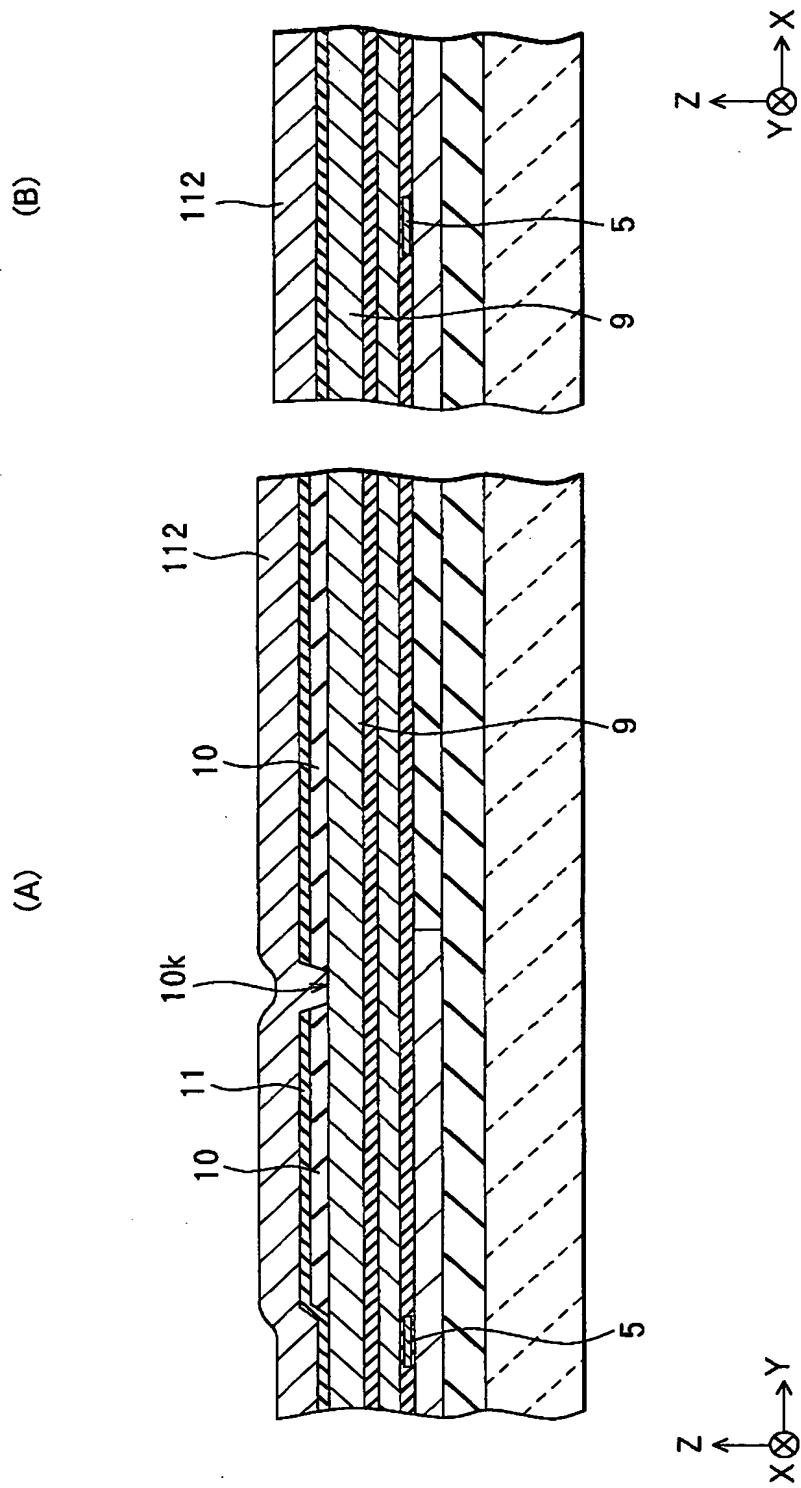
(B)



(A)

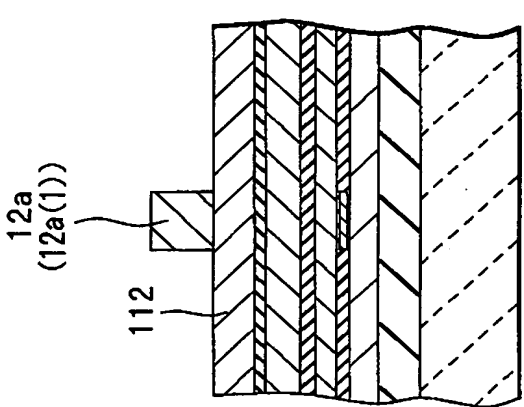


【図 2】

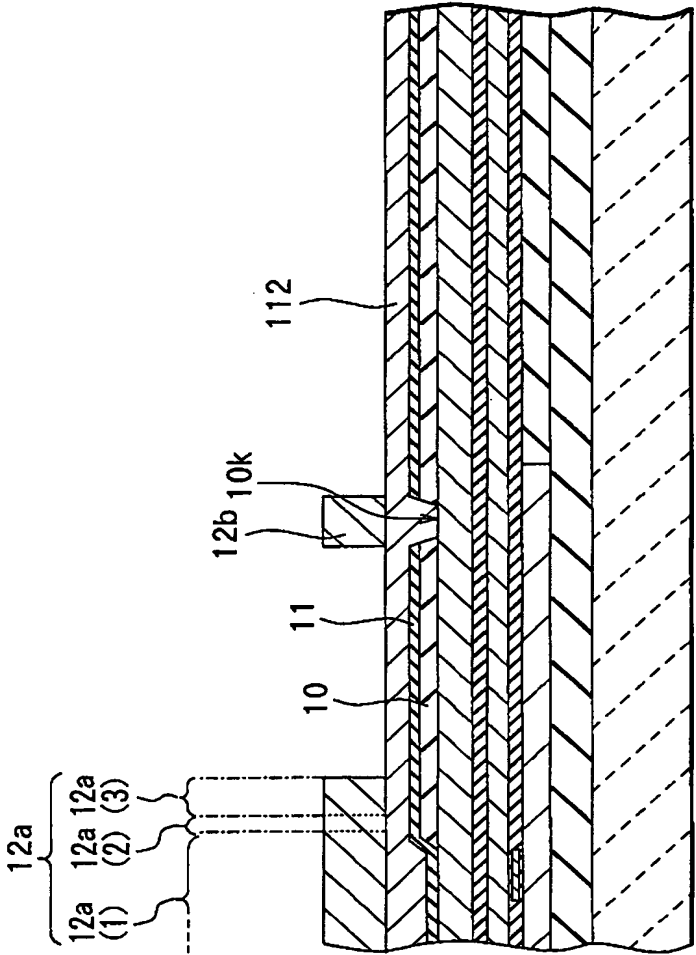


【図 3】

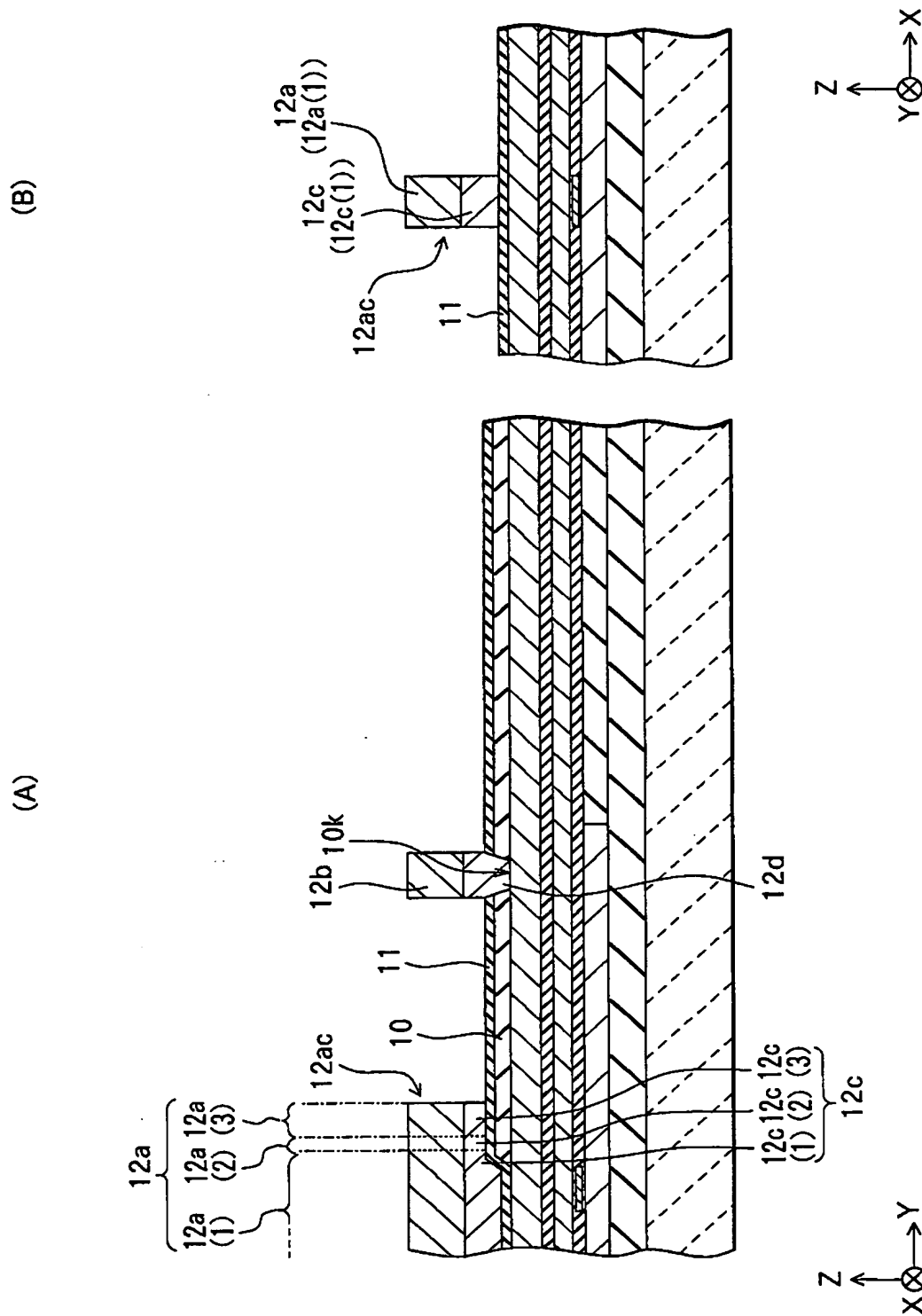
(B)



(A)

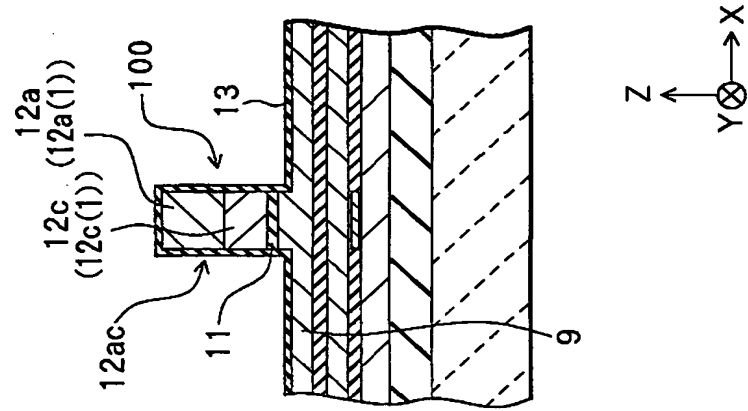


【図 4】

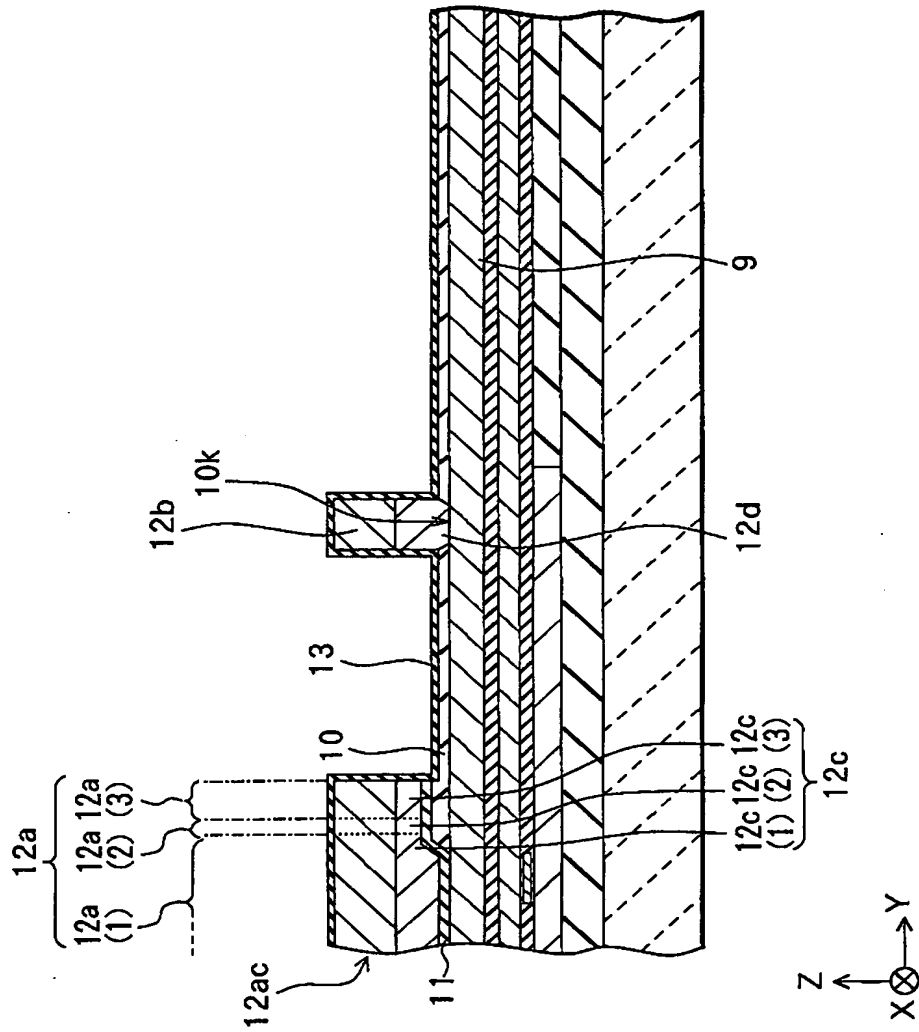


【図 5】

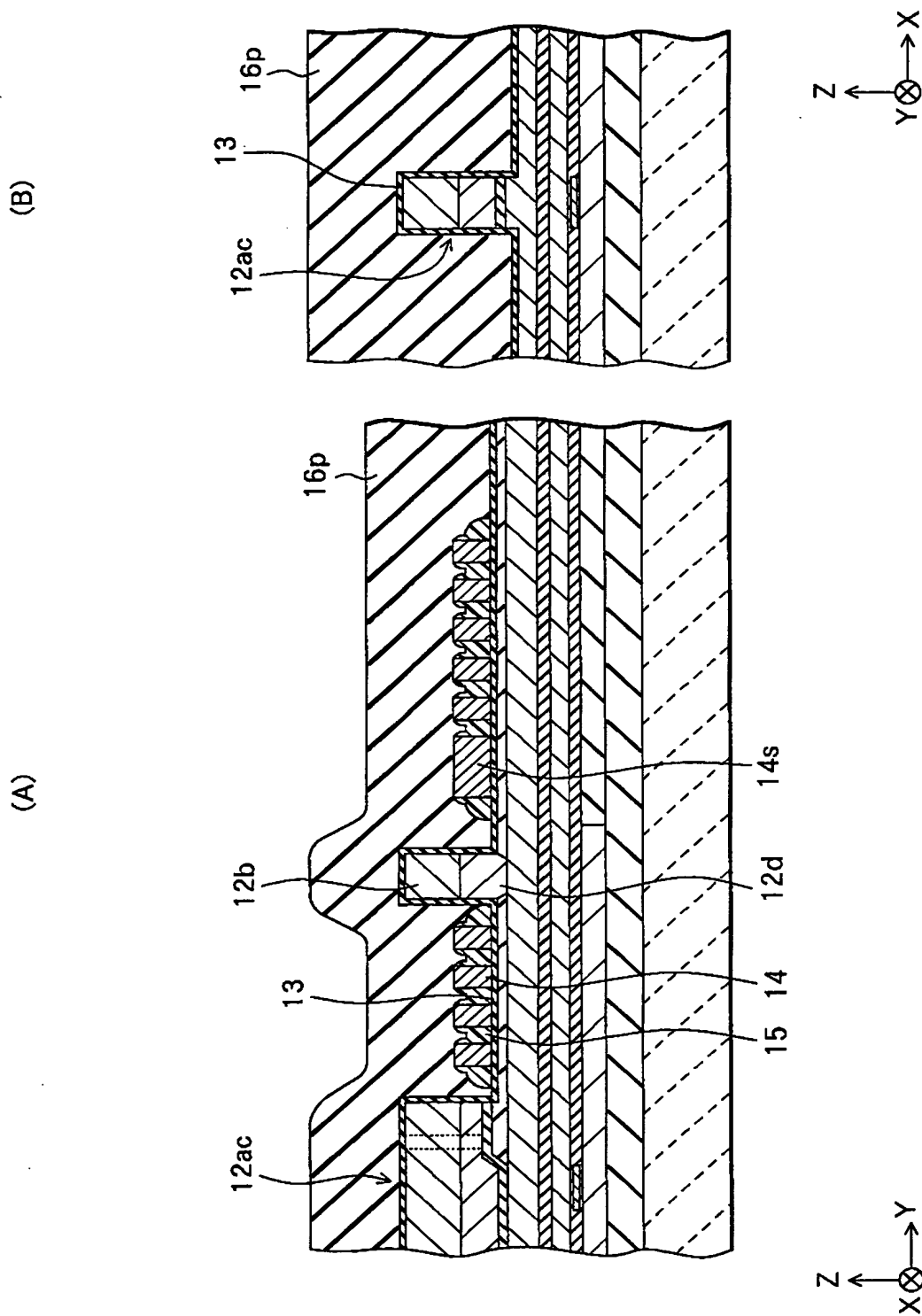
(B)



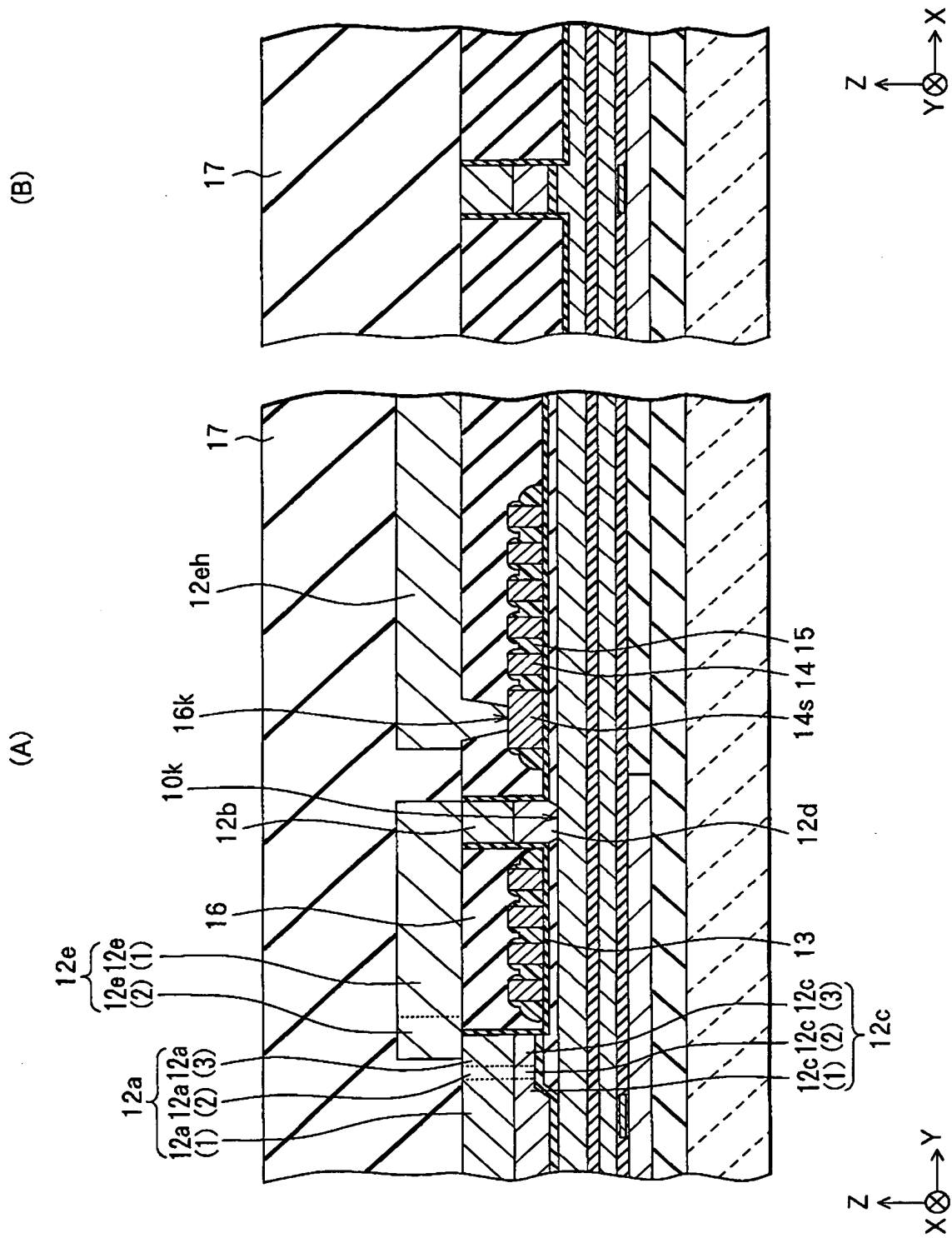
(A)



【図 6】

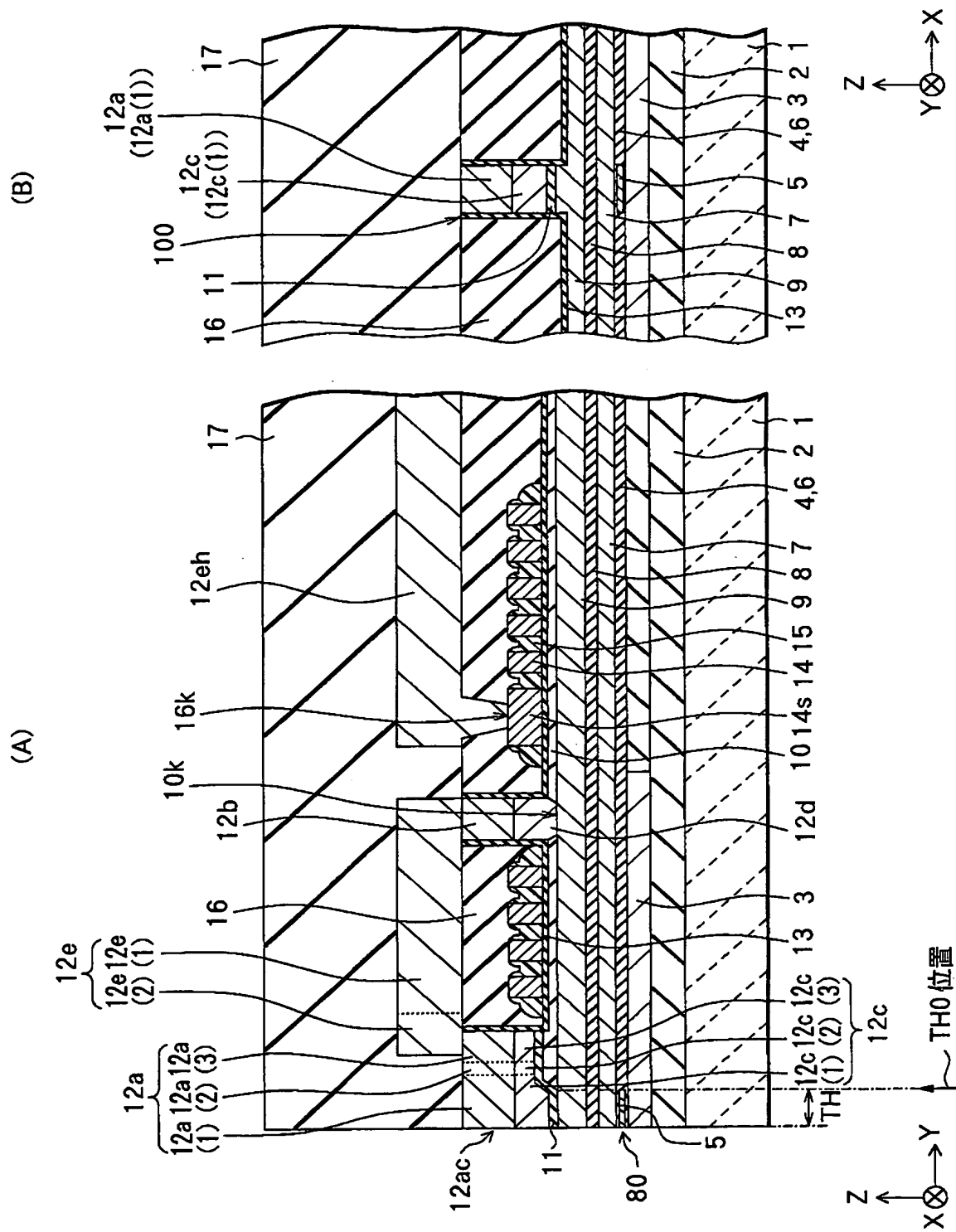


【図 7】

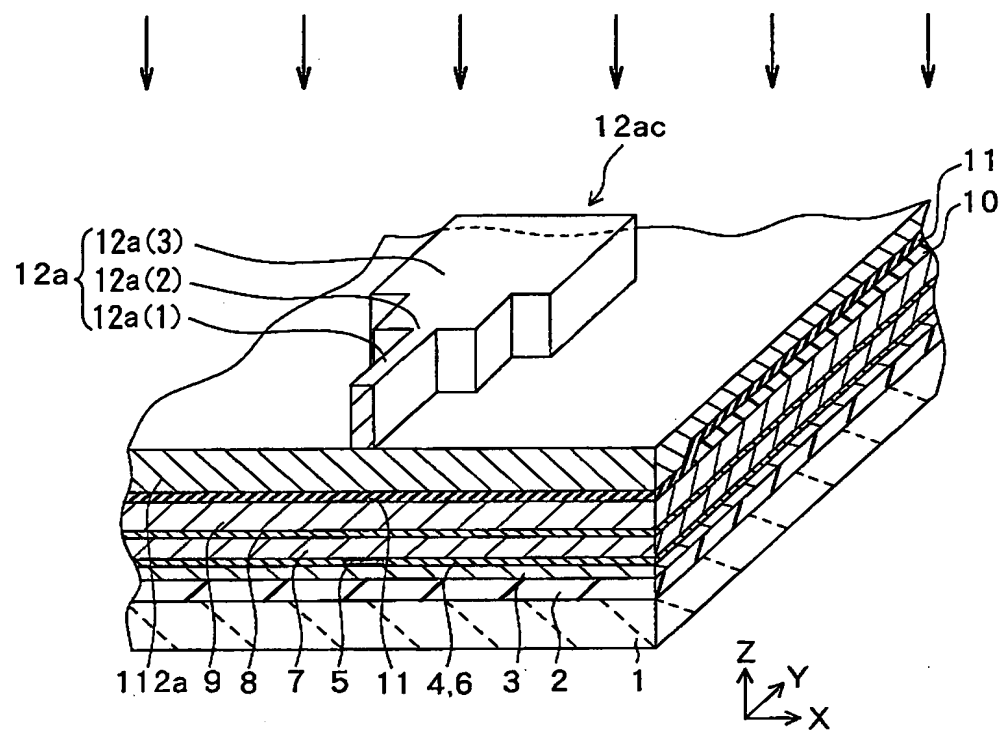




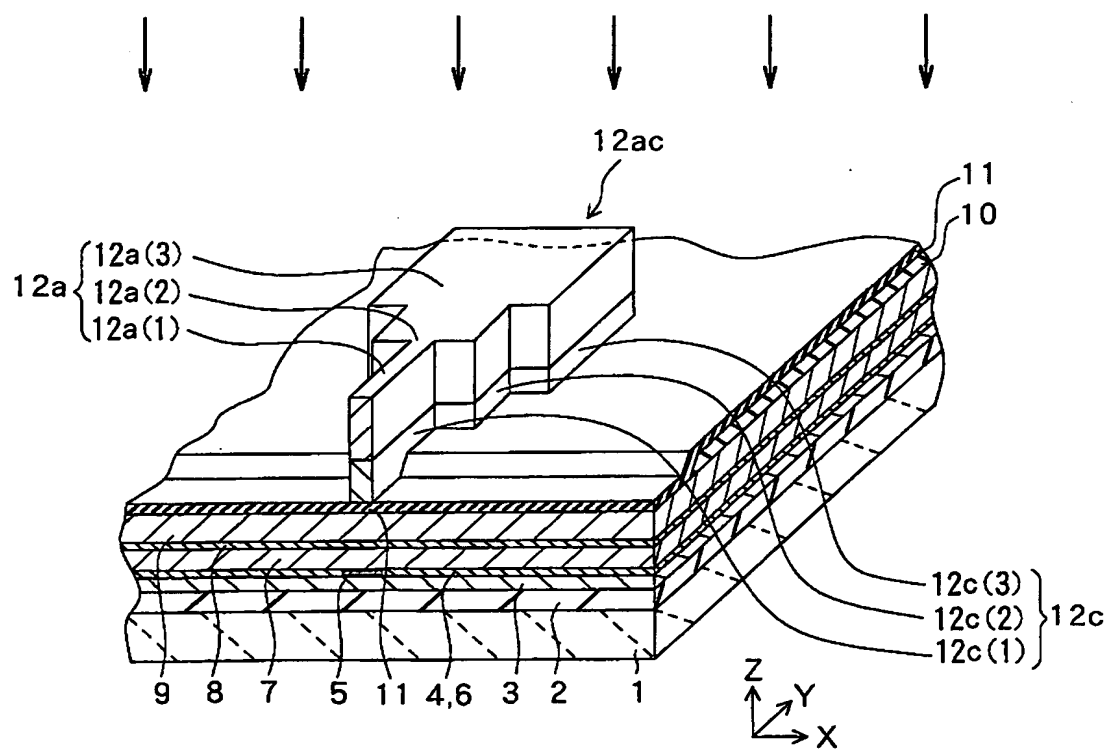
【図 8】



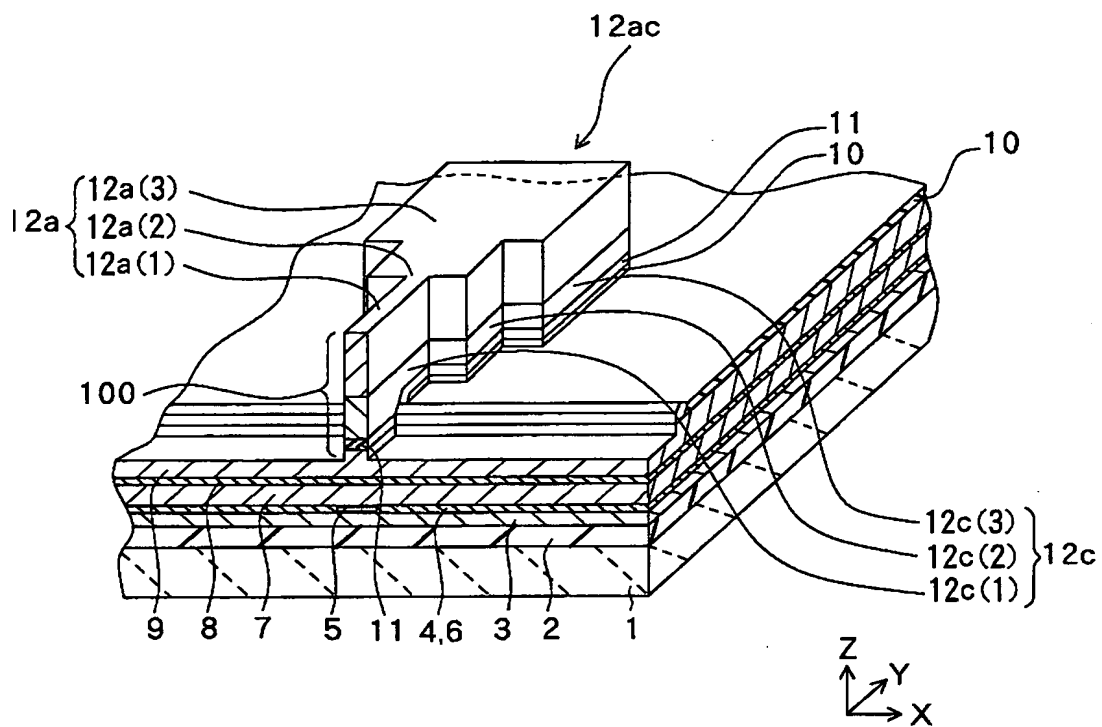
【図 9】



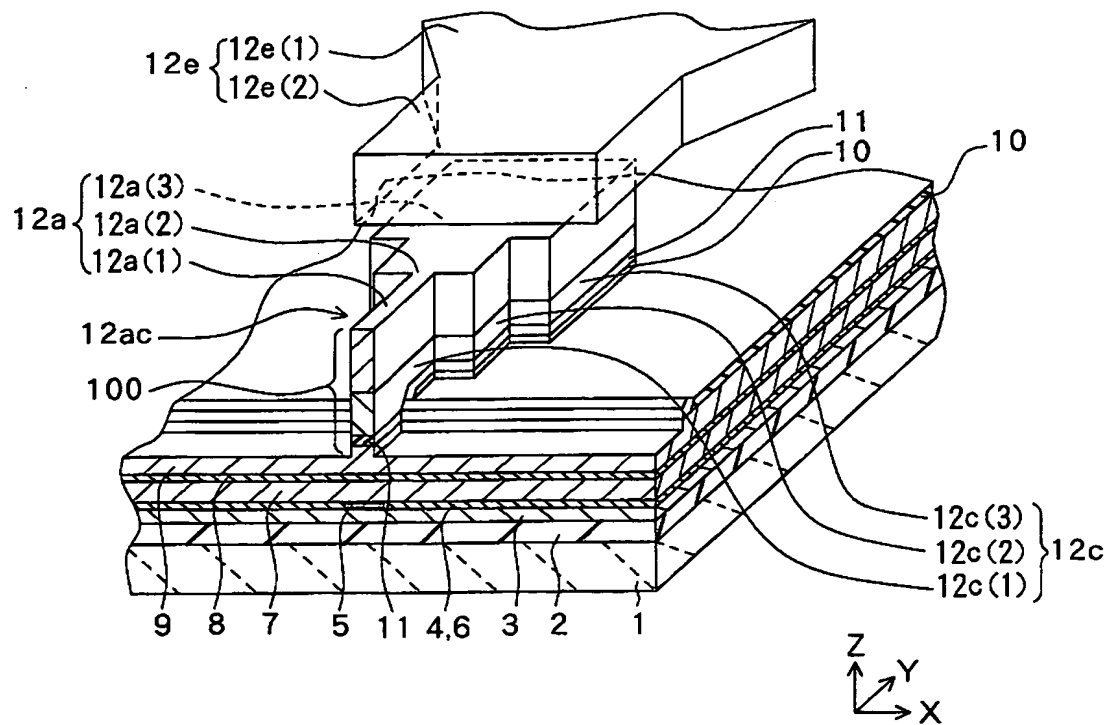
【図 10】



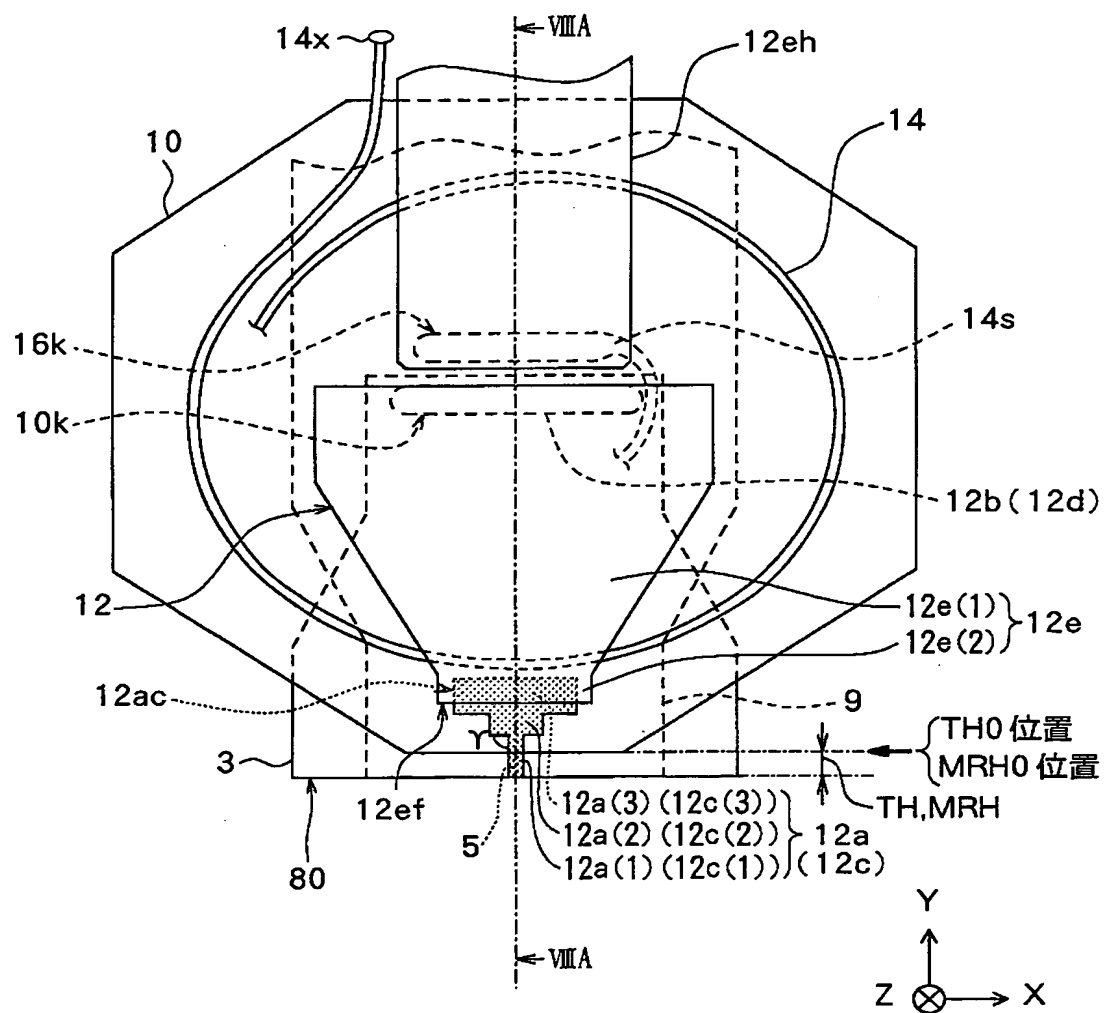
【図 1 1】



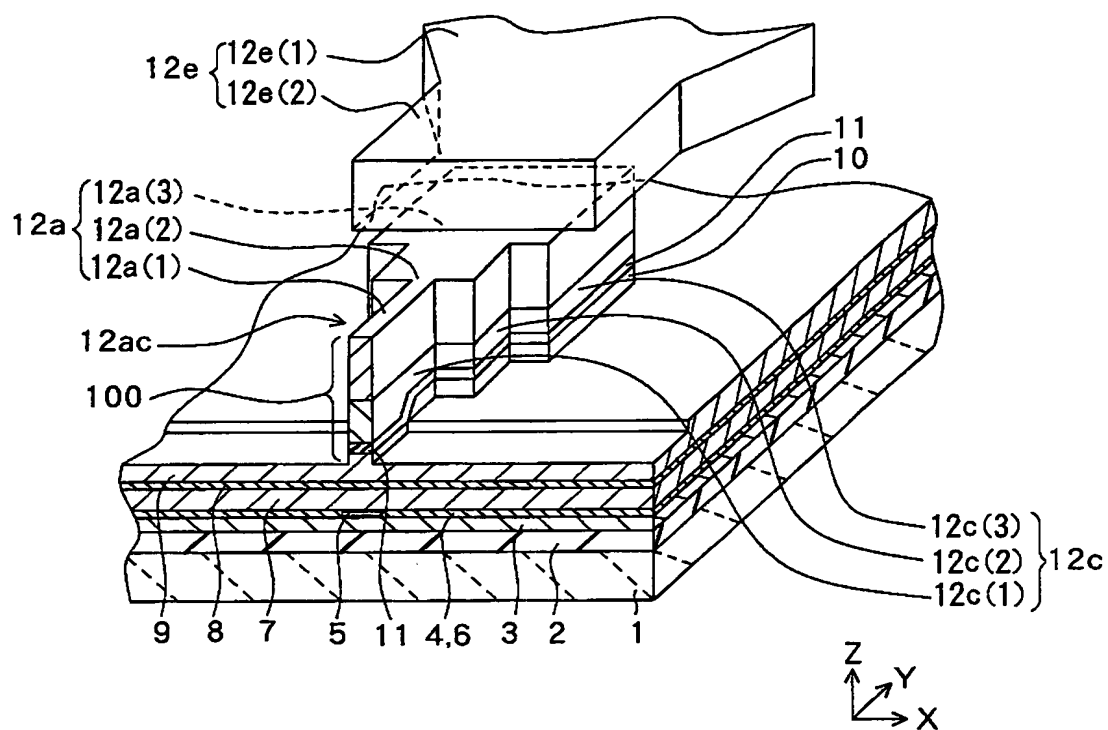
【図 1 2】



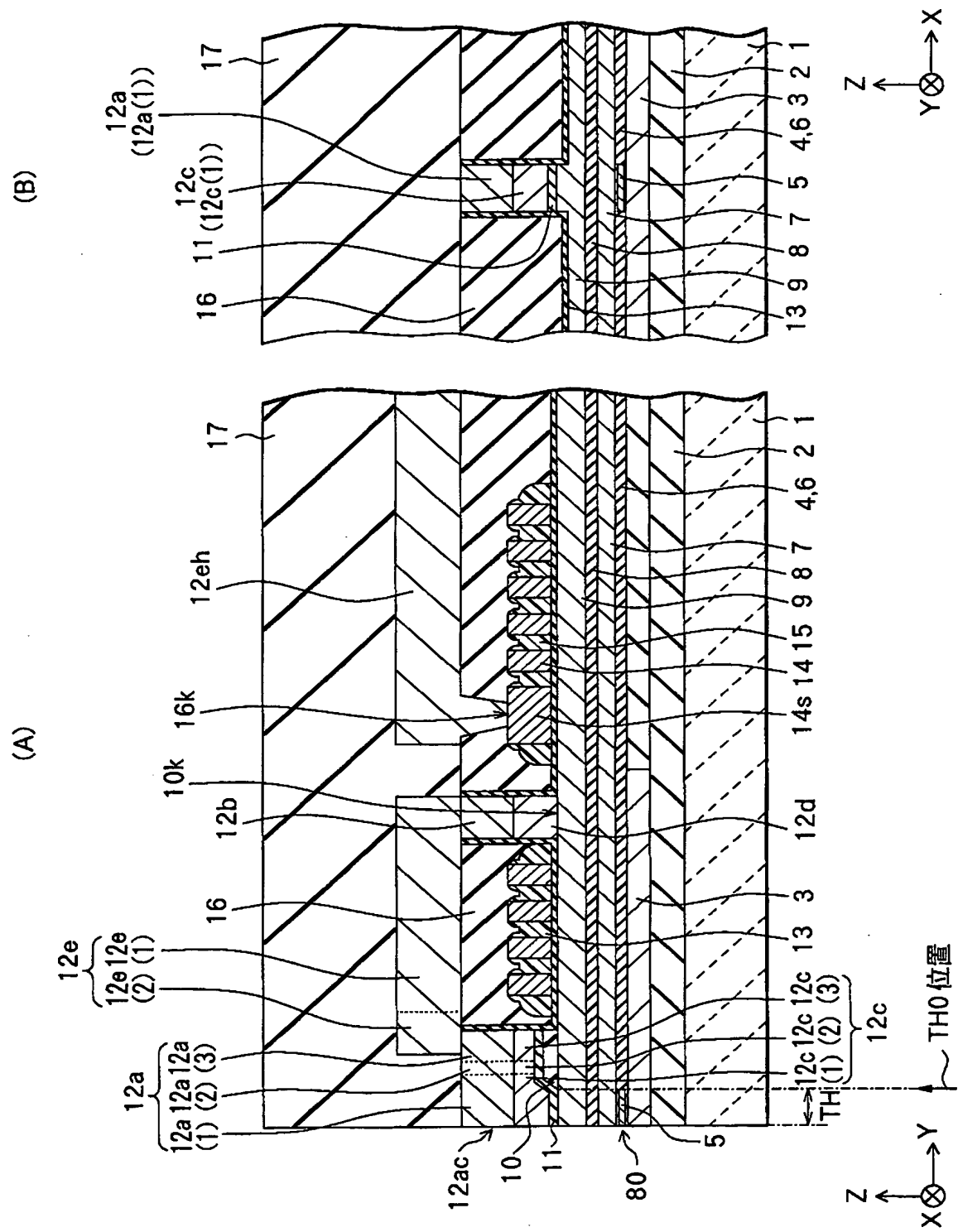
【図 13】



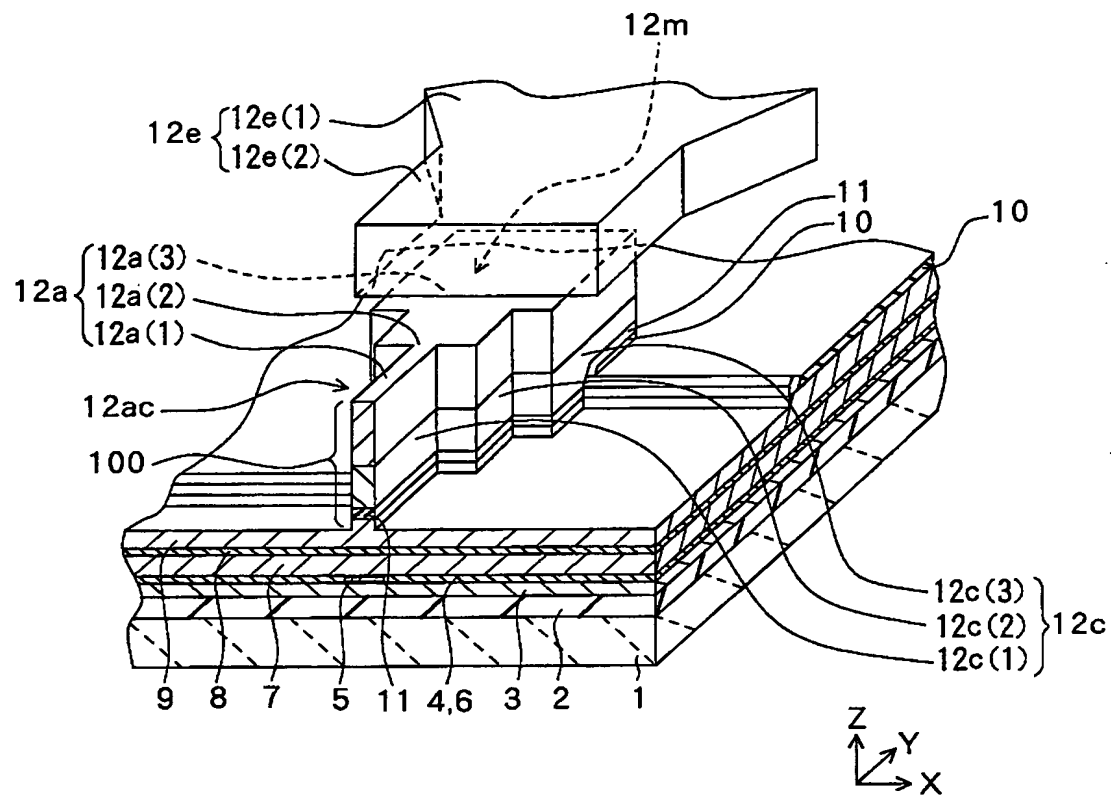
【図 1 4】



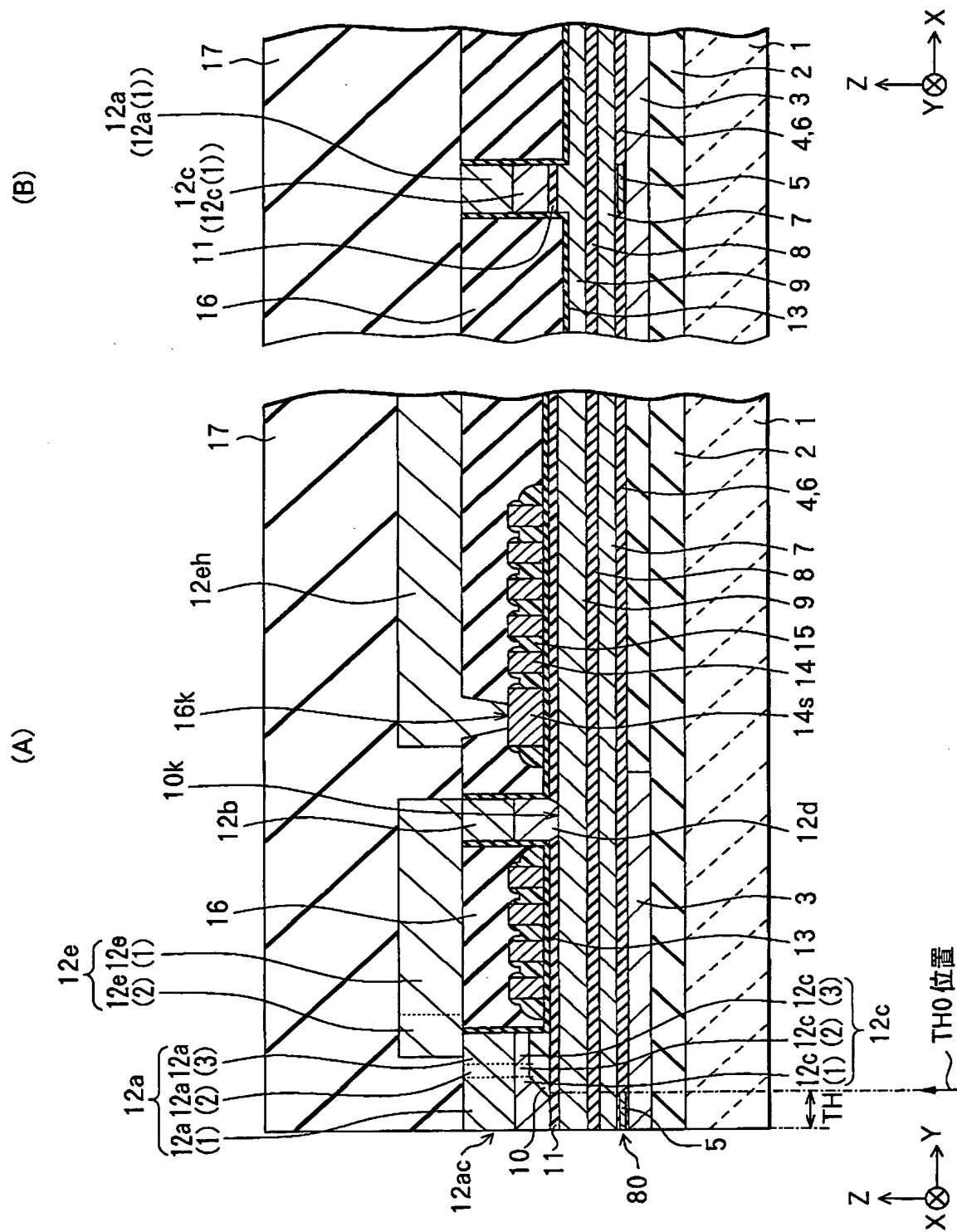
【図 15】



【図 16】

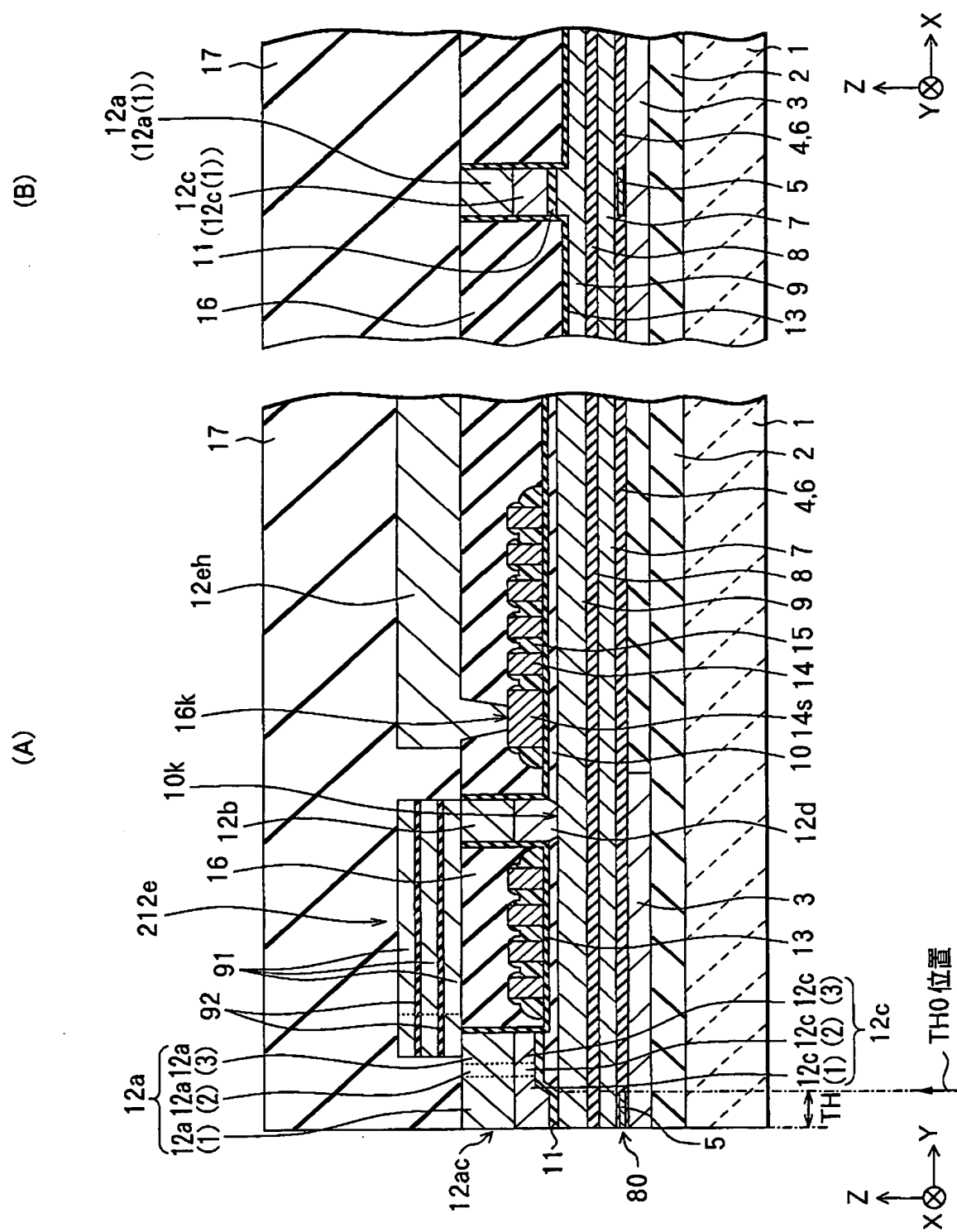


【図 17】



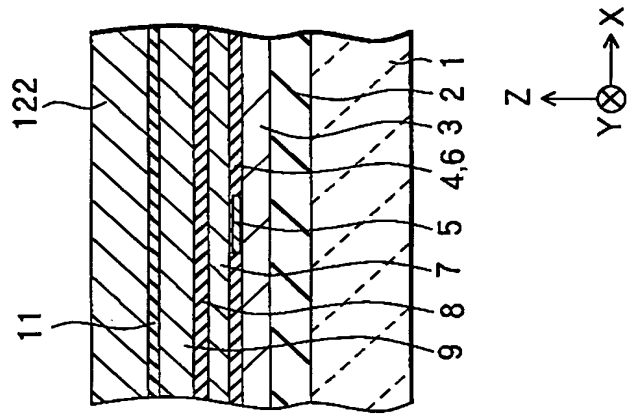


【図 18】

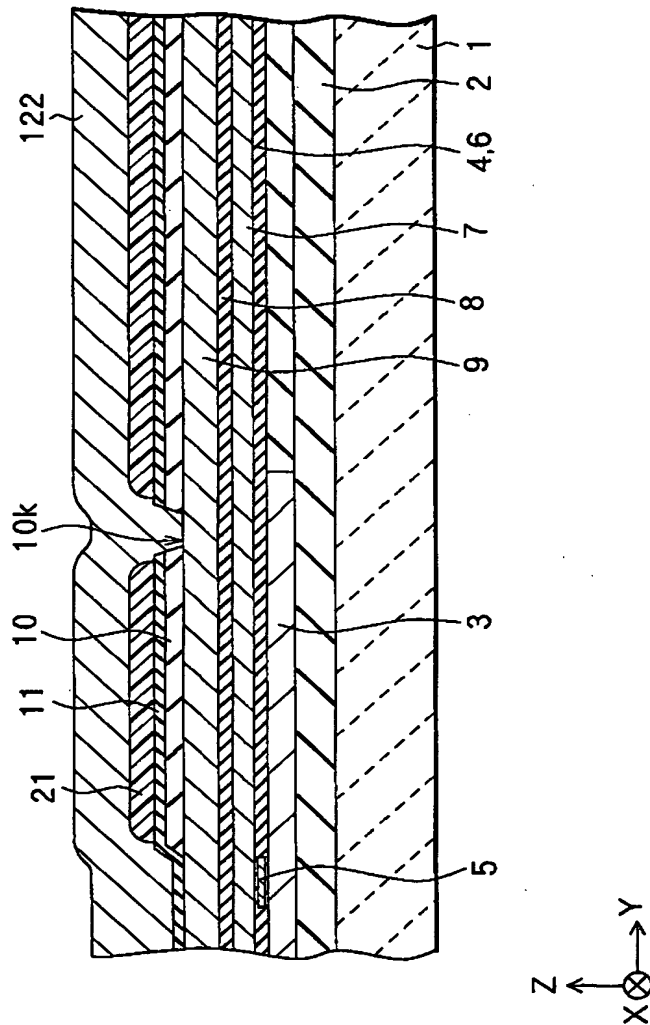


【図 19】

(B)

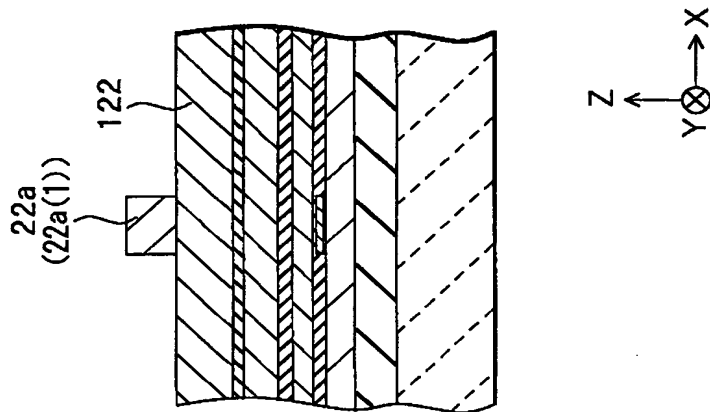


(A)

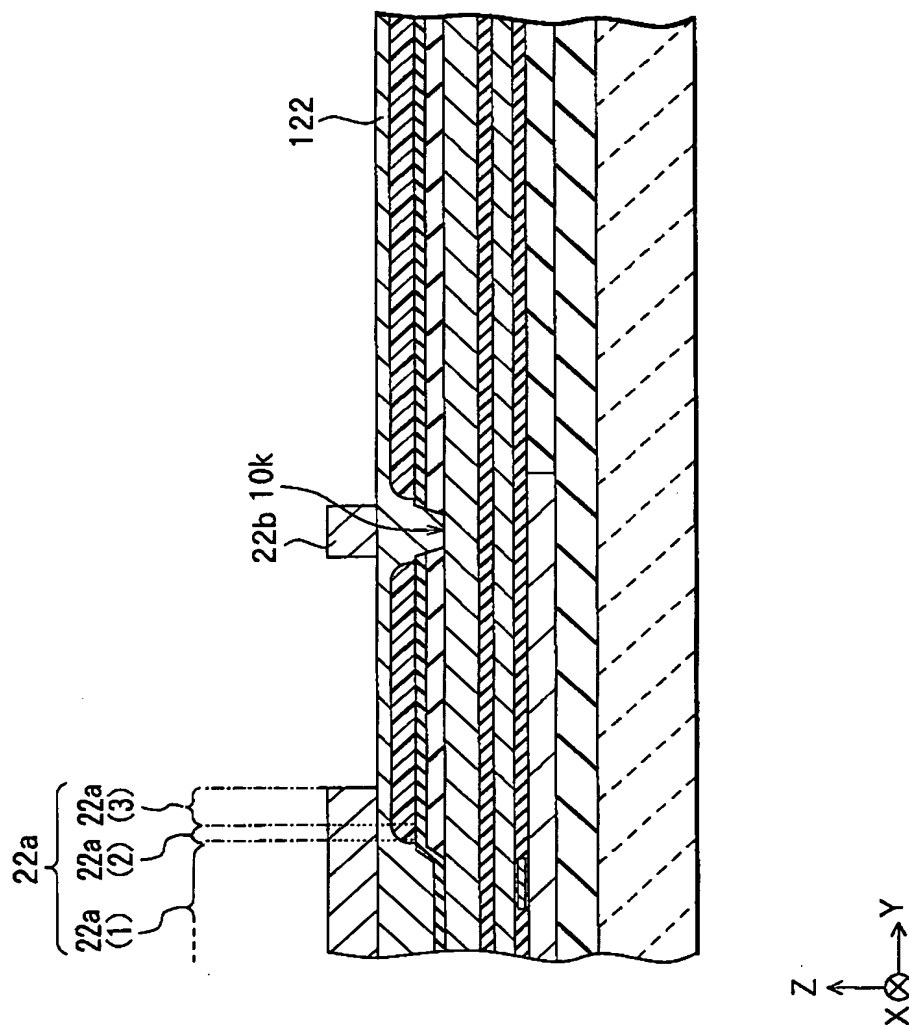


【図 2 0】

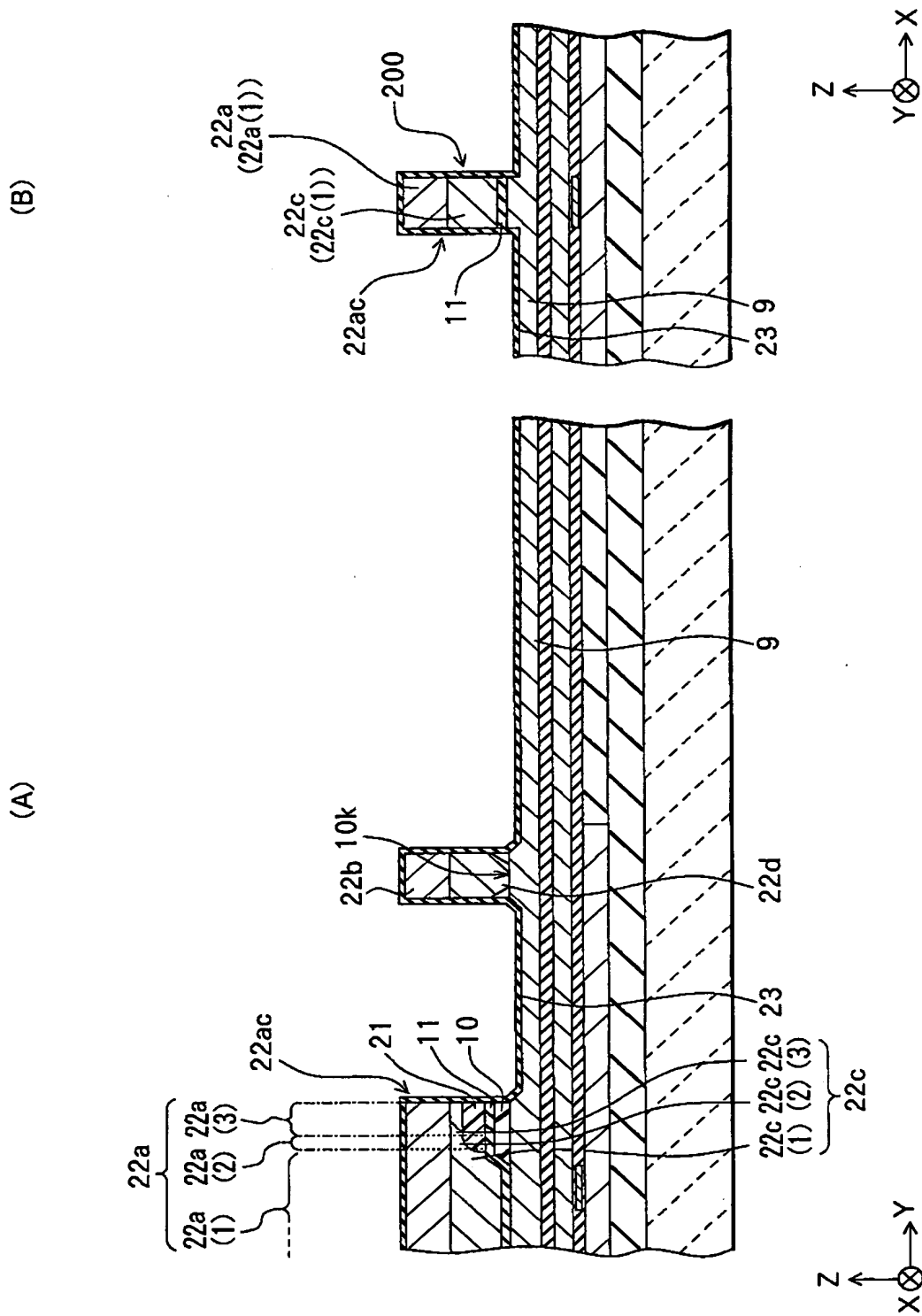
(B)



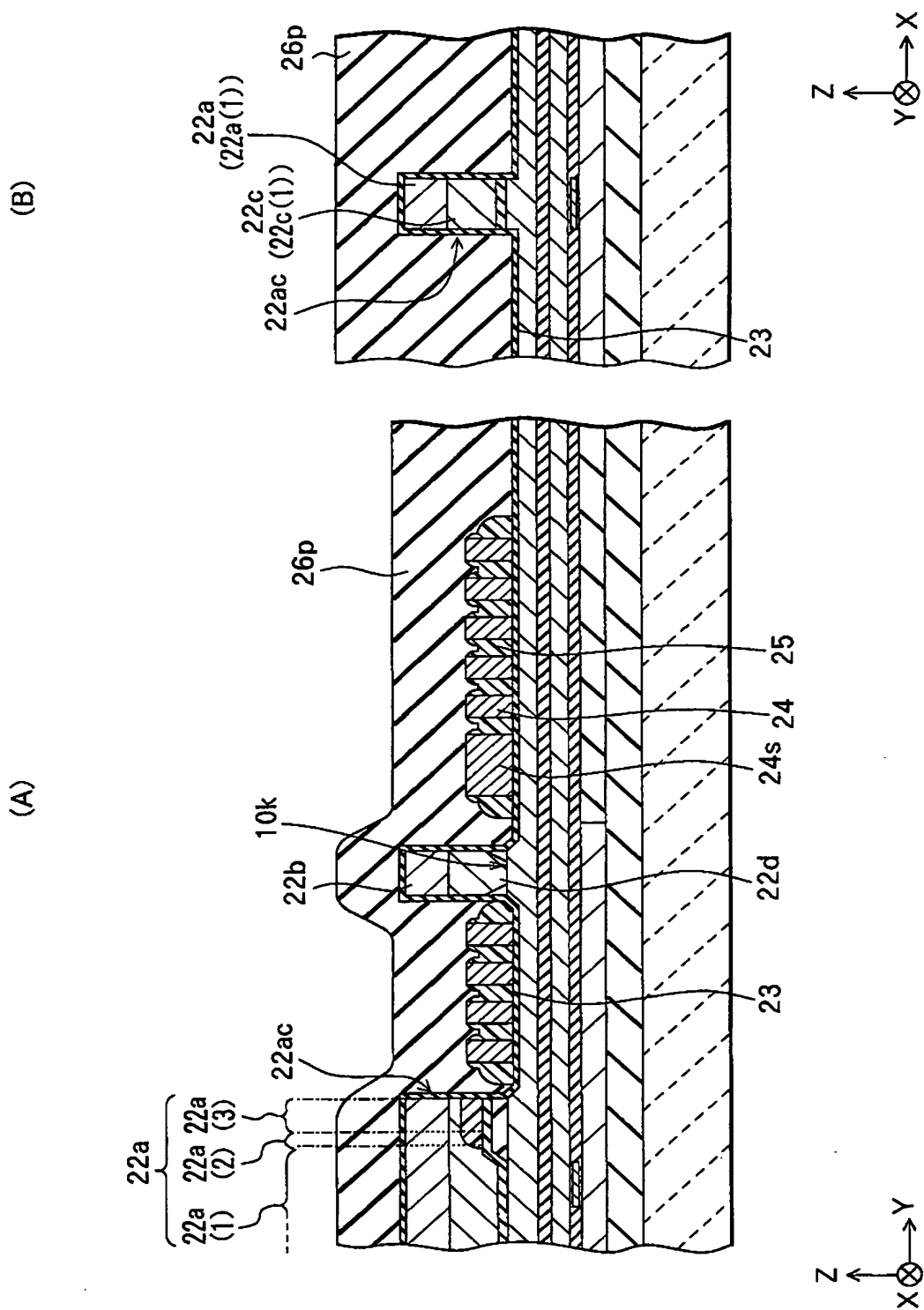
(A)



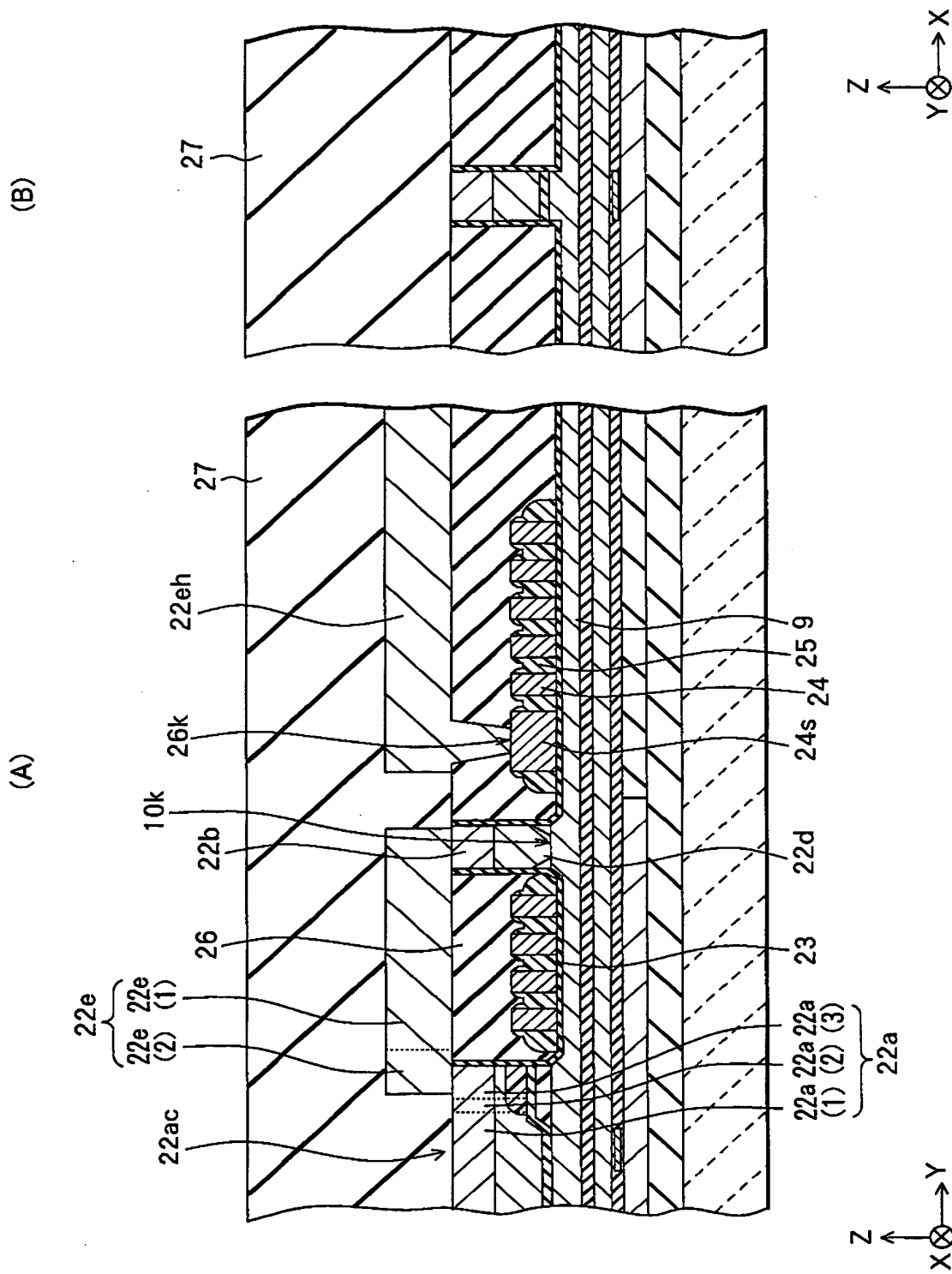
【図 2 1】



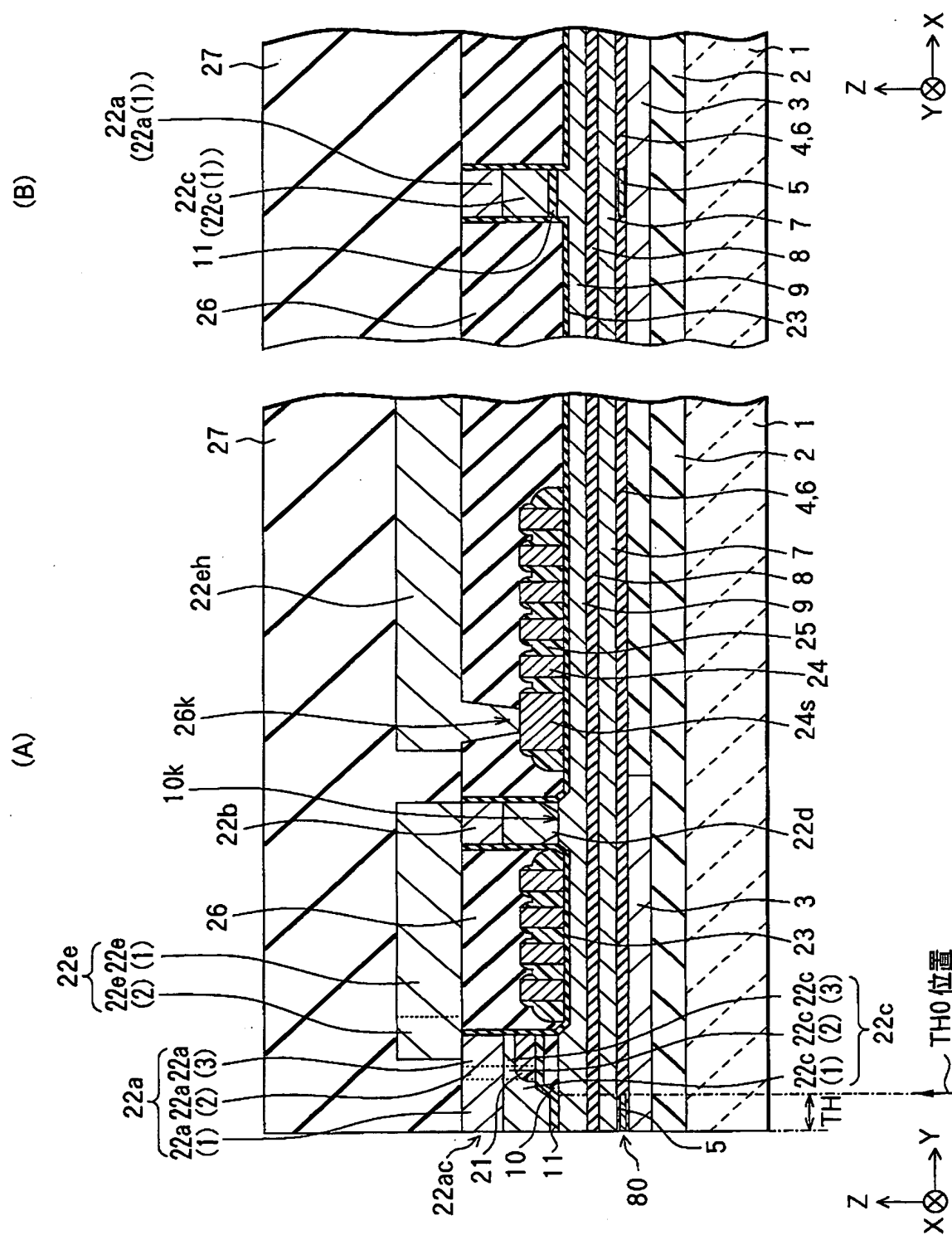
【図 22】



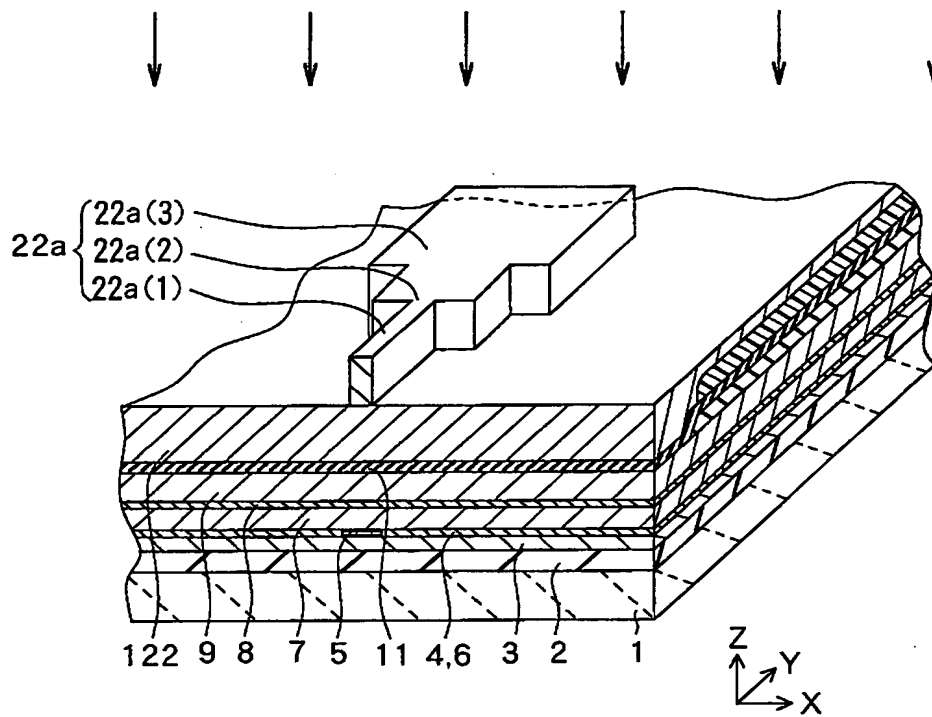
【図 23】



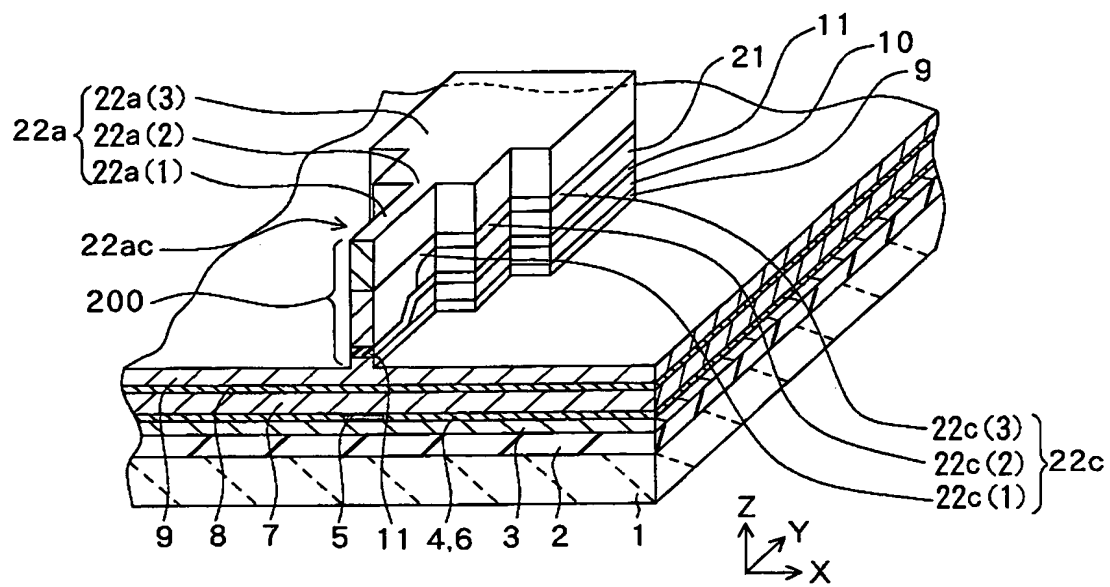
【図 24】



【図 25】

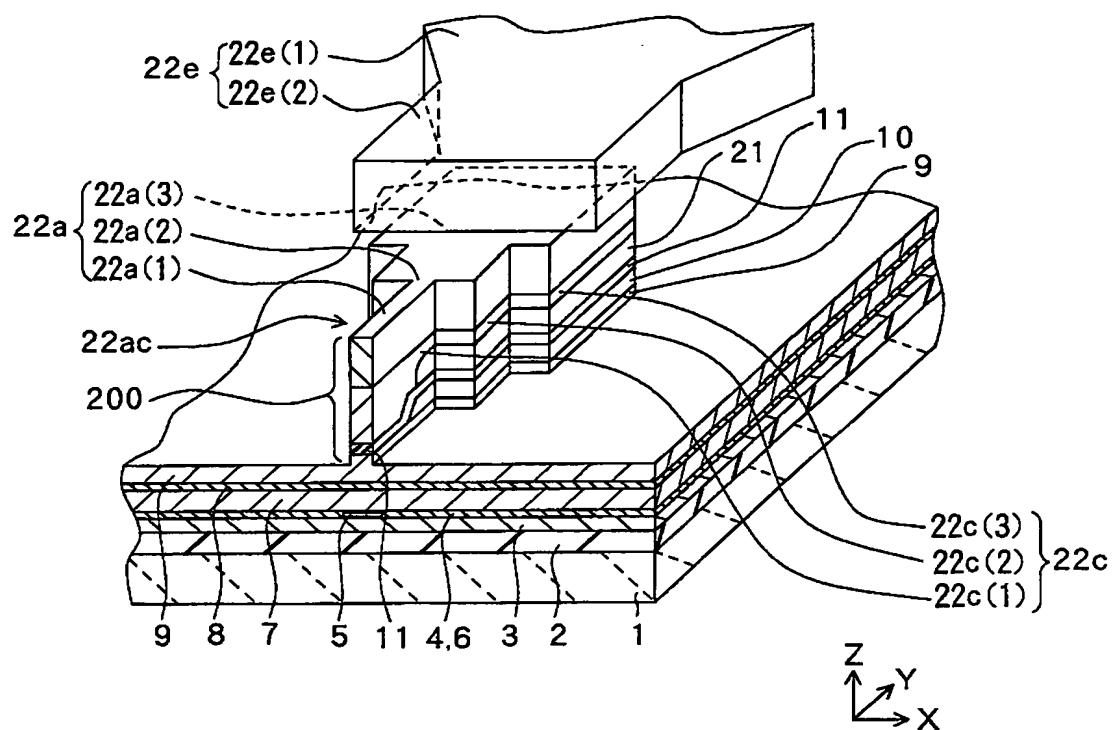


【図 26】

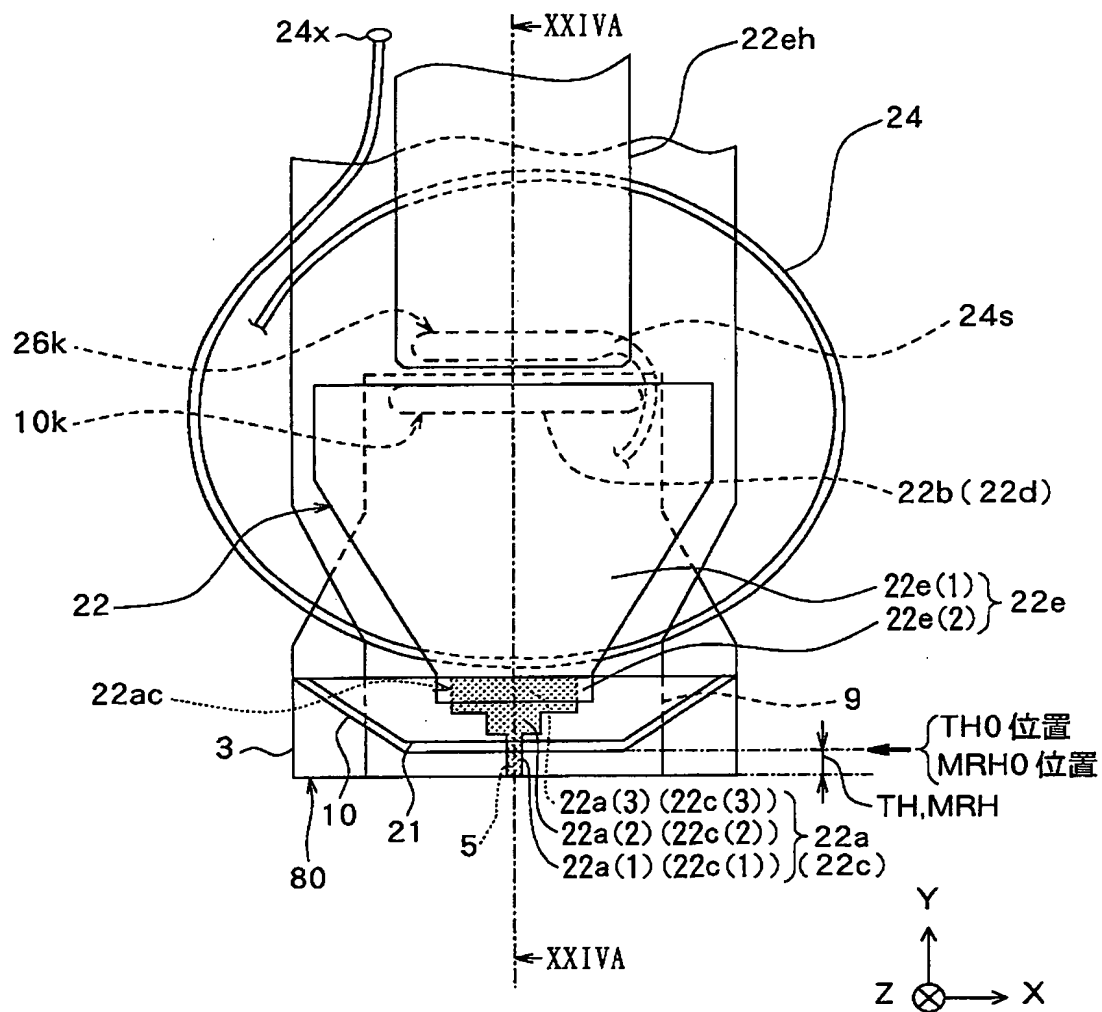




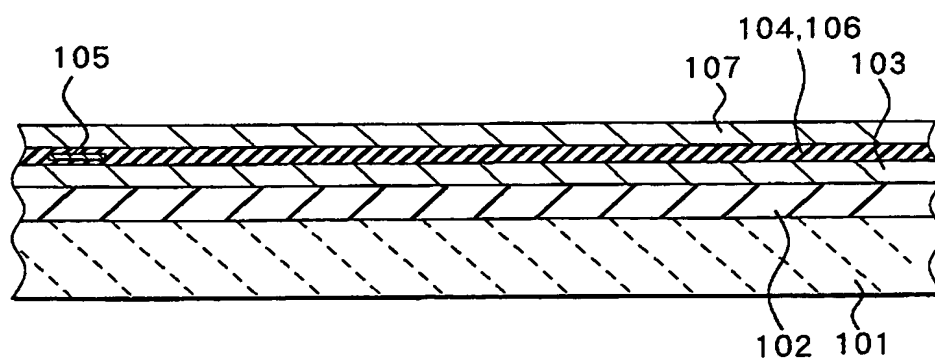
【図 27】



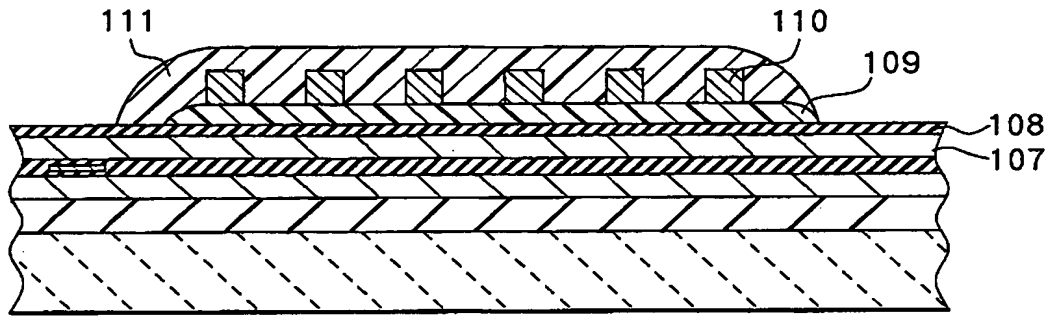
【图 28】



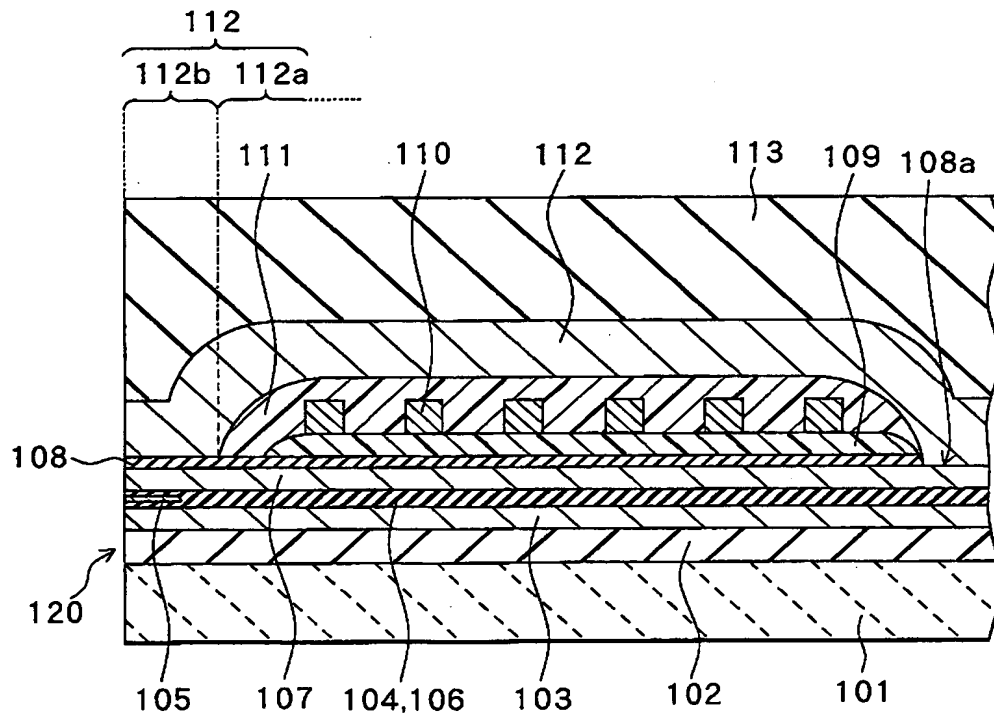
【图 29】



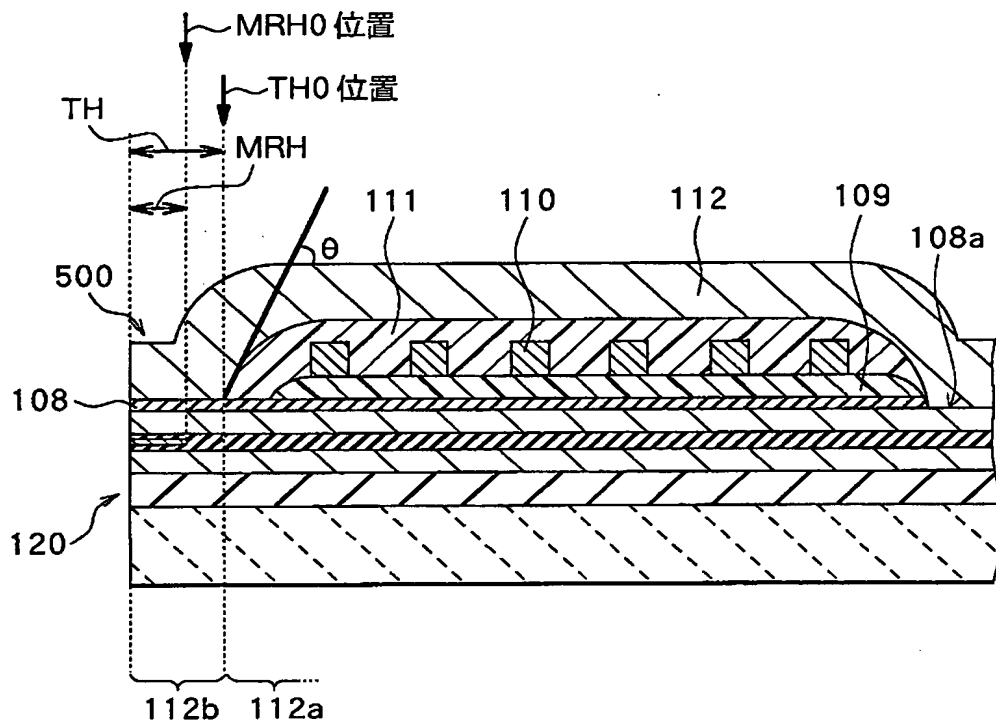
【図 3 0】



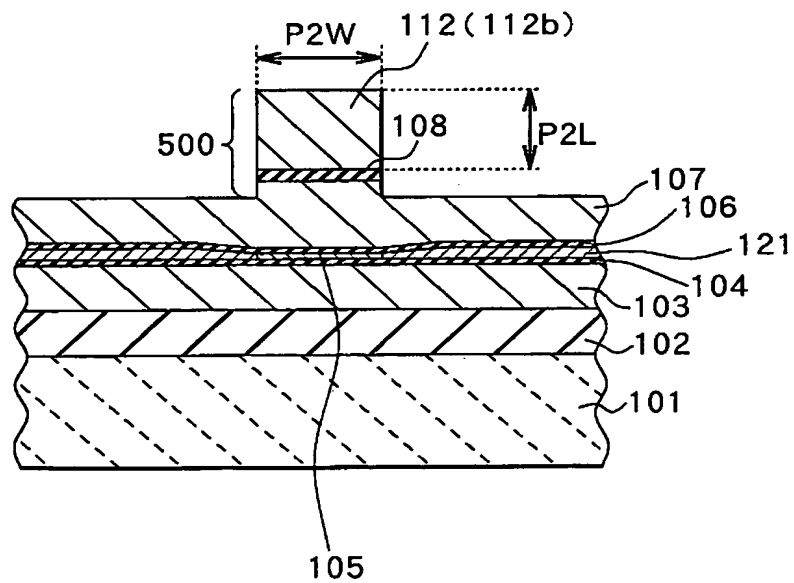
【図 3 1】



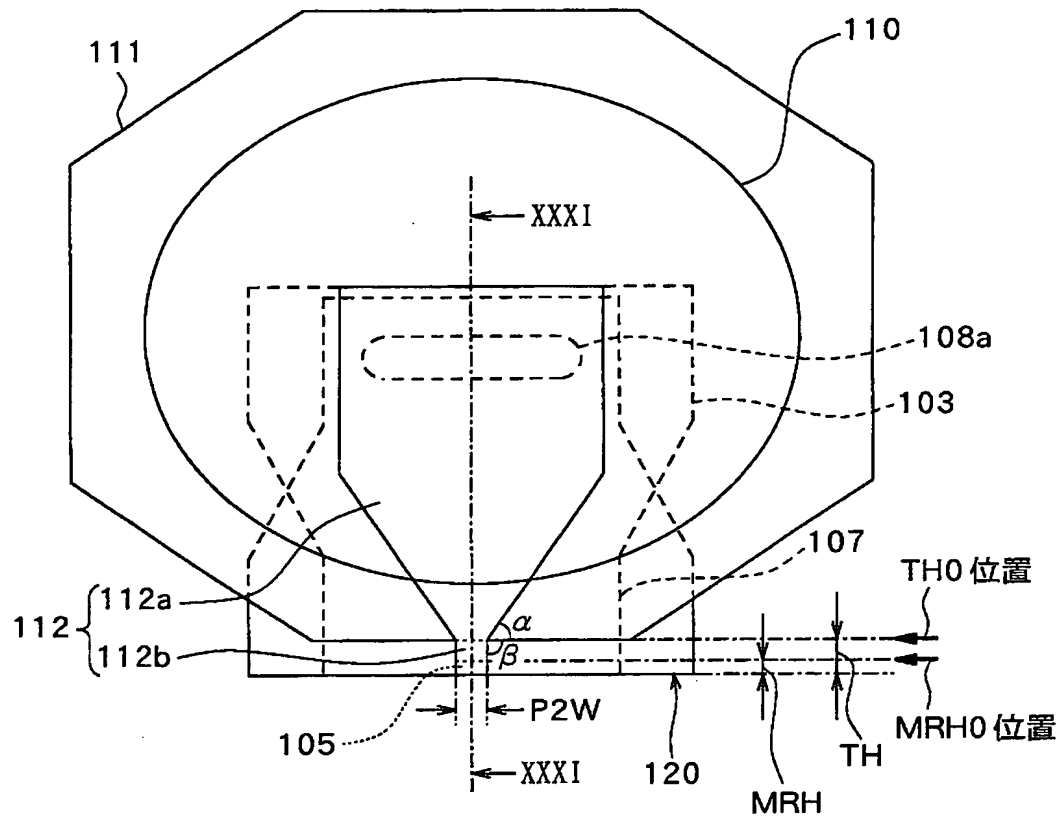
【図 3 2】



【図 3 3】



【図 34】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁極幅を極微小化しつつ、優れたオーバーライト特性を有する薄膜磁気ヘッドおよびの製造方法を提供する。

【解決手段】 上部ポールチップ 1 2 a c は、その上層部分であるポールチップ部 1 2 a と下層部分であるポールチップ部 1 2 c とにより構成される。ポールチップ部 1 2 a およびポールチップ部 1 2 c は、共に 1. 5 テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料よりなるものである。磁極幅を約 0. 3  $\mu$  m 以下まで極微小化した場合においても、上部ポールチップ 1 2 a c の内部における磁束の飽和を抑制し、優れたオーバーライト特性を確保することができる。

【選択図】 図 1 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-195125
受付番号	50000812480
書類名	特許願
担当官	内山 晴美 7545
作成日	平成12年 7月27日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000003067
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋1丁目13番1号
【氏名又は名称】	ティーディーケイ株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100109656
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1丁目9番5号 大台ビル2階 翼国際特許事務所

【氏名又は名称】	三反崎 泰司
----------	--------

【代理人】

【識別番号】	100098785
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1丁目9番5号 大台ビル2階 翼国際特許事務所

【氏名又は名称】	藤島 洋一郎
----------	--------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都中央区日本橋1丁目13番1号
氏 名	ティーディーケイ株式会社